இன்றைய விண்வெளி

அனைவருக்கும் அறிவியல்

இன்றைய விண்வெளி

மோகன் சுந்தரராஜன்

சித்திரங்கள்
நரேந்திர தியாகி



நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா

முகப்பு: மூன்றாம் தலைமுறை செயற்கைக் கோள்களில் முதலாவதான இன்சாட்-3B; இந்தியாவிலேயே வடிவமைக்கப்பட்டு தயாரிக்கப்பட்டது. (நன்றி: ஐஎஸ்ஆர்ஓ)

ISBN 81-237-4034-4

முதற்பதிப்பு 2003 (சக 1924)

Space Today (*Tamil*)

ரூ. **80.00**

வெளியீடு: இயக்குநர், நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா
ஏ-5, கிரீன் பார்க், புதுதில்லி - 110 016

பொருளடக்கம்

வாழ்த்துரை

இந்திய விண்வெளித் திட்டத்தை விளக்கும் நூல் ஒன்றை திரு மோகன் சுந்தர ராஜன் தமிழில் எழுதியுள்ளது எனக்கு பெரு மகிழ்ச்சியை அளிக்கிறது.

விண்வெளி போன்ற துறைகளின் தொழில்நுட்பங்களை பொது மக்களுக்கு அவர்களுடைய தாய்மொழியில் விளக்கி அறிவிக்க அசாதாரணமான முயற்சி தேவை. அத்தகைய முயற்சி எடுப்பது நன்றே; ஏனெனில், அப்பொழுதுதான் சாதாரண வாசகர்களிடையே இத்தகைய தொழில்நுட்பங்களைப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும் என்ற ஆர்வம் பெருகும்.

ஆசிரியர் எழுதிய இந்நூலின் ஆங்கிலப் பதிப்பின் எளிய நடையும் சாதாரண வாசகனுக்கேற்ற பாணியும் என்னை வெகுவாகக் கவர்ந்தன. இவரது தமிழாக்கமும் இந்திய விண்வெளித் திட்டத்தின் சாதனைகளையும், மக்களின் அன்றாட வாழ்வில் அவை எப்படி உதவுகின்றன என்பதையும் பொதுமக்கள் அறிந்து கொள்ள உதவும் என்பது உறுதி.

இந்நூலை எழுதிய திரு. மோகன் சுந்தர ராஜன் அவர்களை நான் பாராட்டுகிறேன்.

பெங்களூர்
2001

டாக்டர் கே. கஸ்தூரிரங்கன்
தலைவர்
இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம்

அணிந்துரை

விண்வெளித் தொழில்நுட்பங்கள் பல துறைகளில் வியத்தகு முறையில் பயனளித்துள்ளன. தகவல் தொடர்பு, தொலைக்காட்சி, கல்வி, உடல்நலம், போன்ற துறைகளிலும், சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலையைப் பாதுகாப்பது, பெரும் இழப்புகளைச் சமாளிப்பது, இயற்கை வளங்களைப் பராமரிப்பது போன்ற பணிகளிலும் பல முன்னேற்றங்கள் தோன்றியுள்ளன. இருப்பினும் மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகளின் நான்கில் மூன்றுபங்கு மக்கள் விண்வெளி முன்னேற்றத்தால் மிகக் குறைந்த அளவில்தான் பயனடைந்துள்ளனர். ஒரு லேசர் பொத்தானை அழுத்தினால் ஒரு கலைக்களஞ்சியமே கிடைக்கும் ஆற்றல் இருப்பினும், உலக மக்கட் தொகையில் நாற்பது விழுக்காடு எழுதப்படிக்க அறியாதவர் களாக உள்ளனர். கைத்தொலைபேசி மூலம் உலகில் யாருடனும், அவர் எங்கிருப்பினும் தொடர்புகொள்ளும் ஆற்றல் வரும் இத்தருணத்தில், நான்கில் ஒரு பங்கு மக்கள் தொலைபேசியில் ஒருமுறைகூடப் பேசியதே இல்லை! கணிப்பொறியில் ஒரு கட்டளை அனுப்பினால் வீடு தேடி பல பொருள்கள் வரும் இந்நாளில், உலகில் இருபத்தைந்து விழுக்காடு மக்கள் சுத்தமான குடிநீர் வசதியின்றி உள்ளனர்.

விண்வெளித் தொழில் நுட்பத்தை, பலப்பல ஆண்டுகளாக வாய்ப்பும் வசதியும் இல்லாது வாழும் மக்களுக்குப் பயன்படுத்தும் நோக்கத்துடன், புதிய வசதிகளை நியாயமான முறையில் பகிர்ந்து கொள்ள ஊக்குவிக்கும் எண்ணத்துடன், 1999இல் ஐக்கியநாட்டு விண்வெளி மகாநாடு, அமைதியான பயன்பாடுகளை ஆராய, வியன்னாவில் நடைபெற்றது. அதன் அறிக்கை உலகமக்கள் எல்லோரும் மதிப்புடனும், மனநிறைவுடனும் வாழ, உலகமே ஒரு கிராமம் என்ற கண்ணோட்டத்தில், விண்வெளி ஆராய்ச்சியின்

பயன்களை நியாயமான முறையில் பெற வேண்டும் என்ற நோக்கத்தை பிரதிபலித்தது.

இந்த நோக்கத்தைச் செயல்படுத்த வெளிநாடுகளின் தொழில்நுட்ப உதவியும், பன்னாட்டு ஒத்துழைப்பும், வேண்டும். இருப்பினும், மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகள் தங்களது நாட்டின் ஆற்றலை வேகமாக வலுப்படுத்திக்கொண்டு, அவர்களது பிரச்சினைகளை, உரிய செலவில், சமாளிக்க முயற்சி செய்ய வேண்டும். இதற்கு பொதுமக்களின் ஒத்துழைப்பு தேவை. விண்வெளித் தொழில் நுட்பங்களின் பயன்பற்றிய, விழிப்புணர்வு மக்களிடையே பரவவேண்டும். குறிப்பாக, இந்நாட்டு இளைஞர் களையும், தொழில் வல்லுநர்களையும் இத்துறையில் பங்குபெற அவர்களது ஆர்வத்தை வலுப்படுத்த வேண்டும்; விண்வெளித் துறையில் பல புதிய சாதனைகள் புரியும்படி அவர்களுக்கு உற்சாகமும், பொறுப்பு உணர்ச்சியும் வரவேண்டும். இதற்கு எளிய நடையில், எல்லோரும் புரிந்துகொள்ளும்படி, விண்வெளித் தொழில்நுட்பங்கள் பற்றிய நூல்கள் தேவை.

திரு. மோகன் சுந்தரராஜன் அவர்களின் இந்நூல் இத்தகைய தேவையை நிறைவேற்றுகிறது. யாவரும் படித்து மகிழும்படி எழுதப் பட்டுள்ள இந்நூல், எளிய விளக்கங்களுடனும் பல உதாரணங் களுடனும் விண்வெளிக் கால முன்னேற்றங்களையும், அவற்றால் அன்றாட வாழ்வின் தரத்தை உயர்த்த இயலும் என்ற கருத்தையும் மக்கள் உணரும்படி சித்தரிக்கின்றது.

பொது மக்களிடையே அறிவியல் ஆர்வத்தைத் தோற்றும் பணியில், தன் வாழ்நாள் முழுவதும் ஆசிரியர் ஈடுபட்டுள்ளதைக் கண்டு மகிழ்ச்சி அடைகிறேன். பலரால் பாராட்டப்பட்ட இந்த நூலைப் புதுமைப்படுத்தி வெளியிட்ட நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா, நிறுவனத்தினரையும், ஆசிரியரையும் பாராட்டுகிறேன்.

பேராசிரியர் யு.ஆர். ராவ்
பேராசிரியர், விண்வெளிக் குழு உறுப்பினர்
ஐ.நா. விண்வெளி அமைதிப் பயன்பாட்டுக் குழுத்தலைவர்

நூலாசிரியர் உரை

1957 விண்வெளிக் காலம் தோன்றியதுமுதல், விண்வெளியில் இயங்கும் செயற்கைக் கோள்களால் மனிதனின் அன்றாட வாழ்வில் ஒரு திருப்பம் ஏற்பட்டு வருகின்றது. இதைச் சித்தரிக்கும் வகையில், இத்துறையில் தோன்றியுள்ள தொழில் நுட்பங்களையும், அவற்றின் பயன்பாடுகளையும், செயற்கைக் கோள்கள் அறிவிக்கும் விண்வெளி அற்புதங்களையும் பொதுமக்களுக்கு எளிய முறையில் விளக்குவதே இந்நூலின் நோக்கம்.

புவியின் வடிவையும், கடல் மட்டத்தையும், ஈர்ப்புவிசையின் முரண்பாடுகளையும் வியக்கத்தக்க வகையில் கோள்கள் அளவிட்டுள்ளன. இந்த விவரங்களுடன் இந்நூல் துவங்குகின்றது. பிறகு, செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகள் புவியின் வடிவாலும், ஈர்ப்பு வேறுபாடுகளாலும் எப்படி கட்டுப்படுத்தப் படுகிறது என்று விளக்குகிறது. கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப் பாதையில் இயங்கும் தொலைஉணர்வுக்கோள்கள் நமது இயற்கை வளங்களைக் கண்காணித்து வருகின்றன. புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் கோள்கள் தகவல்களும் கேளிக்கைகளும் பெருகிவரும் உலகிற்கு நம்மை அழைத்துச் செல்கின்றன. தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் இயங்கும் பலகோள்கள், கைத்தொலை பேசிகளுடனும், இன்டர்நெட் கணிப்பொறிகளுடனும் தொடர்பு ஏற்படுத்தி புதிய வசதிகளை அளிக்க உள்ளன. ஆகவே, இத்தகைய பல்வேறு சுற்றுப்பாதைகளை முதற்கண் இந்நூல் விளக்குகிறது.

இச்சுற்றுப்பாதைகளுக்குச் செல்லும் முறையை அறியும் வகையில், ஏவுகணைகளின் நெறிமுறைகளையும், அவை அடைந்த வெற்றி, தோல்விகளையும், அதற்கான பல்வேறு எரிபொருள்களின் பங்கையும், விளக்குகின்றது. ஏவுகணைகளை உருவாக்கும் பணியில் இந்தியா சமாளித்த சோதனைகளையும், அடைந்த சாதனைகளையும்

விவரிக்கின்றது. இதரநாட்டு ஏவுகணைகளையும், வருங்காலத்தில் வரக்கூடிய ஏவுகணை அமைப்புகள், ஆகியவற்றையும் நூல் குறிப்பிடுகின்றது.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் இந்தியாவின் இன்சாட் கோள்களின் வரலாற்றையும், அவை இயங்கிய விதத்தையும், அவற்றால் நாட்டிற்குக்கிடைத்துள்ள பலன்களையும் அடுத்து விளக்குகின்றது. உலகை இணைக்கும் நேரடி ஒளிபரப்புகளையும், தகவல், தொலைபேசி, இன்டர்நெட்தொடர்புகளையும் உலகெங்கும் அளிக்கும் இன்டல்சாட் நிறுவனத்தின் கோள்களையும், கப்பல்களுடனும், விமானங்களுடனும் தொடர்புகொள்ள உதவும் இன்மார்சாட் என்ற நிறுவனத்தின் கோள்களையும் குறிப்பிடு கின்றது. நமது விரல்நுனியில் உலகத்துடன் தொடர்புகொள்ளும் வசதியை அளிக்கும் கோள்கள், புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதையில் இயங்க வகுத்துள்ள திட்டங்களை விவரிக்கின்றது. கோள்களால் எது எங்குள்ளது என்பதை துல்லியமாக, உடனடியாக அறிய பல புதிய திட்டங்கள் உருவாகி வரும் இத்தருணத்தில், கோள்களைக் கொண்டு பல நாடுகள் உளவு பார்க்கும் பணியை, போர்புரியும் போக்கையே மாற்றுமளவிற்கு, மேற்கொண்டுள்ளன; விண்வெளியில் இட நெருக்கடியும் ஏற்பட்டுள்ளது. இவற்றையும் விவரமாக விவரிக்கின்றது.

பின்னர், தொலை உணர்வுக்கோள்களின் அவசியத்தையும், இத்துறையில் இயங்கும் இந்தியக் கோள்களின் சாதனைகளையும், அவை உருவாகிய விதத்தையும் விளக்குகின்றது. இதர நாடுகளின் முயற்சியையும், ரேடார் போன்ற புதிய கோள்களையும் குறிப்பிடு கின்றது. நீல அணிகலன் என்றுபோற்றப்படும் புவிக்கு, இயற்கை வளங்கள் அழிந்துவருவதாலும், சுற்றுப்புற சூழல் சீர்குலை வதாலும், ஏற்பட்டுவரும் அபாயங்களை அறிவிக்கும் முறையில் பல கோள்கள் புதிய தகவல்களை அளித்து வருகின்றன. இவற்றை விளக்கியபின், வானிலை என்ற புதிரை மனிதன் பல நூற்றாண்டு களாக புரிந்துகொள்ள முயன்றதையும் இன்று இன்சாட் போன்ற கோள்கள் வானிலையை ஒவ்வொரு வினாடியும் கண்காணித்து வரும் சாதனையையும் நூல் விவரிக்கின்றது.

அடுத்து, விண்கலன்களில் மனிதன் மேற்கொண்டுள்ள பயணங்களில் வரலாற்றுப் புகழ்பெற்ற நிகழ்ச்சிகளும், சாதனைகளும் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஆப்பிள் விழாது மிதக்கும் விண்கலன்களில் மனிதன் மேற்கொண்டுள்ள பரிசோதனைகளை விவரிக்கின்றது. நுண் ஈர்ப்புவிசையால் மனித உடலும், உயிரினங்களும், பொருள்களின் தன்மையும் மாறும் விதத்தைப் பரிசோதிக்கும் பல முயற்சிகளையும்,

பன்னாட்டு விண்கலத்தின் பங்கையும் குறிப்பிடுகின்றது.

எஞ்சியுள்ள பகுதிகளில் செயற்கைக் கோள்கள் கண்ட விண்வெளி அற்புதங்களை விவரிக்கின்றது. உதகையிலும், புனேவிற்கு அருகிலும் உள்ள விண்ணொலிப் பதிவு மையங்களின் பணியையும், துடிக்கும் விண்மீன்களும், ஒலிக்கும் விண்புள்ளிகளும் விண்ணகத்தின் இயல்பை, வரலாற்றை, செல்லும் விதத்தை எங்ஙனம் விளக்குகின்றன என்பதையும் விவரிக்கின்றது. X கதிர்களை வீசும் விண்ணகப் பொருட்கள் நமக்கு அறிவிக்கும் செய்திகளையும், அகச்சிவப்பிலும், புற ஊதாவிலும், தென்படும் விண்காட்சிகளையும் விவரித்து, காமா கதிர்களும் விண்கதிர்களும் அறிவிக்கும் விண்வெளியைக் குறிப்பிடுகிறது. அமெரிக்காவின் ‘ஹப்பிள்’ தொலைநோக்கி கண்ட புதிய காட்சிகளையும், ஓடும் விண்மீன் திரள்களைத்தேடும் அதன் சாதனைகளையும் விவரிக்கின்றது. விண்ணகத்தில் நாம் கண்டிராத கரும்பொருள் இருக்க வேண்டும் என்று எண்ணி, அதைத் தேடும் முயற்சியில் பல விஞ்ஞானிகள் ஈடுபட்டுள்ளதை நூல் குறிப்பிடுகிறது. பின்னர், நாம் காணும் விண்ணகத்திற்கு எல்லை உண்டா அல்லது முடிவின்றி இயங்குமா என்ற அடிப்படை வினாவிற்கு விடை நாடிடும் பல அரிய முயற்சிகளை விவரிக்கிறது. இத்துறையில், இந்திய மேதை ஆர்யபட்டா பிரமனின் ஒருநாள் என்று அன்றே கொடுத்துள்ள விண்ணகத் தோற்ற அளவுகள் இன்றைய விஞ்ஞான உண்மைகளுக்குப் புறம்பானதன்று என்பதையும் நூல் நினைவு கூர்கிறது.

இந்நூலைப் படித்து மகிழ, பயன்பெற, விஞ்ஞான அறிவோ, ஆங்கில அறிவோ தேவை இல்லை. இத்துறையில் உள்ள விஞ்ஞான நெறிமுறைகளும், தொழில் நுட்பங்களும் எளிய முறையில் விளக்கப் பட்டுள்ளன. அவற்றின் ஆங்கிலச் சொற்கள், குறிப்பாக கலைச் சொல்லகராதியில், மேற்கோளாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. விஞ்ஞானிகளின் பெயர்களை சரியாக உச்சரிக்க உதவும் வகையில், அவை ஆங்கிலத்திலும் தரப்பட்டுள்ளன.

நன்றியுரை

உலகப் புகழ்பெற்ற அறிவியல் எழுத்தாளர், ஆர்தர் கிளார்க், டெல்லித் தொலைக்காட்சியில் எனக்கு பேட்டிஅளித்தபொழுது, பொதுமக்களுக்கு விண்வெளி ஆராய்ச்சிபற்றி எழுதுமாறு என்னை ஊக்குவித்தார். அவரது 'வானிலிருந்து வரும் குரல்கள்' என்ற நூலை அன்பளிப்பாகக் கொடுத்து, எனது 'விண்வெளி அற்புதங்கள்' என்ற நூலைப் பெற்றுக் கொண்டார். பிறகு, பிரபல ஆங்கிலேய அறிவியல் எழுத்தாளர், நைஜல் கால்டர், சமூக விளைவுகளைப் பற்றி விண்வெளிப் பயன்பாடுகளில் குறிப்பிடும்படிக் கூறி ஊக்குவித்தார். இந்திய விண்வெளித் திட்டத்தின் தந்தை என்று போற்றப்படும் காலஞ்சென்ற டாக்டர் விக்ரம் சராபாய் மக்களிடையே விண்வெளி பற்றிய பலன்களை எழுதி விழிப்புணர்வை ஏற்படுத்துமாறு என்னைப் பணித்தார்.

இத்துறையில் என்னை ஊக்குவித்த காலஞ்சென்ற பேராசிரியர் சதீஷ் தவன் (இந்திய விண்வெளிக்குழுவின் முதல் தலைவர்) அவர்களுக்கு என் பணிவான அஞ்சலி. இந்திய விண்வெளிக் குழுவின் தலைவர், டாக்டர். கே. கஸ்தூரி ரங்கன் அவர்களுக்கும், முன்னாள் தலைவர் பேராசிரியர் யு.ஆர். ராவ் அவர்களுக்கும் என்மனமார்ந்த நன்றி.

நன்றிக்குரிய இதர பேராசிரியர்கள்: சி.என். ஆர். ராவ் (வேதியியல் வல்லுநர்); எம்.எஸ். சுவாமிநாதன், வேளாண்மைத் துறை வல்லுநர்; ராஜா ராமண்ணா அணுவிசை விஞ்ஞானி; எம்.ஜி.கே. மேனன் (விண்ணியல் வல்லுநர்); சி.வி. சுந்தரம் (அணுவிசை தொழிற்நுட்ப வல்லுநர்); பி.வி. ஸ்ரீகாந்தன் (வானியல் வல்லுநர்); பி.எல். டீக்ஷிட்டலு (தொலைஉணர்வு வல்லுநர்); பி.பி. சுப்பராயப்பா (அறிவியல் வரலாற்று வல்லுநர்).

இஸ்ரோ விஞ்ஞானிகள் பலர் விளக்கங்கள் அளித்தனர்:

திரு. மாதவன் நாயர் (விக்ரம் சாராபாய் விண்வெளி நிலையத்தின் தலைவர்); திரு. டி. நாராயணமூர்த்தி (ஏவுகணைப் பிரிவின் இயக்குநர்); கே.ஆர். ஸ்ரீதரமூர்த்தி (இஸ்ரோவின் முன்னாள் விஞ்ஞான செயலாளர்); வி. ஜயராமன் (புவிப்பார்வை முறைகளின் இயக்குநர்); திரு. பி.எஸ். கோயல், (இஸ்ரோ கோள் நிலையத்தின் இயக்குநர்); திரு. எஸ். கல்யாணராமன் (தொலைஉணர்வுக்கோள் திட்டத்தின் இயக்குநர்); திரு. கே.ராதாகிருஷ்ணன் (தொலை உணர்வு மையத்தின் துணைத் தலைவர்; திரு. என். வேதாசலம் (கோள் நிலைப்புமுறைப் பிரிவின் முன்னாள் இயக்குநர்); திரு. பி. சோமா (இஸ்ரோ தொலைக் கட்டளை,கண்காணிப்புக்குழுத் தலைவர்); திரு. எஸ். கிருஷ்ணமூர்த்தி (இஸ்ரோவின் பொதுத் தொடர்புத் துறை இயக்குநர்).

அண்ணா பல்கலைக்கழகத்தின் முன்னாள் துணைவேந்தர், திரு. ஆர். எம். வாசகம்; கோவா பல்கலைக்கழகத் துணைவேந்தர், பேராசிரியர் பி.எஸ். சோன்டே; இந்தியத் தகவல் நுட்ப நிலையத்தின் இயக்குநர், பேராசிரியர் எஸ். சடகோபன்; ஹிந்து துணை ஆசிரியர், திரு. சி.வி. கோபாலகிருஷ்ணன்; எழுத்தாளர் திரு. சிவி. சுப்ரமணியன்; 'சரஸ்வதி' நதிபற்றிய ஆய்வாளர். திரு. எஸ். கல்யாண ராமன்; வானொலிப் பேச்சாளர் திரு. கே. எஸ். சுப்பிரமணியன்; மத்திய அரசின் பத்திரிகை தகவல்துறையின் (தமிழ்நாட்டு) இயக்குநர், திருடி.ஜி. நல்லமுத்து; அகில இந்திய வானொலியின் தமிழ் வெளிநாட்டுப்பிரிவு; மணிலாவிலிருந்து இயங்கும் 'ரேடியோ வெரிடாஸ்' வானொலி நிலையம்; டாக்டர் எம்.எஸ். சுவாமிநாதன் ஆய்வு நிறுவனத்தின் திருவி. பாலாஜி ஆகியோருக்கும் எனது நன்றி.

ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் முதல்வர், பிரெஞ்சு, ஜெர்மானிய விண்வெளி நிறுவனங்களின் இயக்குநர்கள், ஐக்கிய நாட்டுவிண்வெளி விவகாரத் துறையின் இயக்குநர் ஆகியோர் பல விளக்கங்களைத் தந்துள்ளனர். அவர்களுக்கும் என் நன்றி.

பதிப்புச் செம்மல் முனைவர் ச. மெய்யப்பன் அவர்களின் உறுதுணையுடன் பேராசிரியர் அ.கி. மூர்த்தி அவர்கள் தொகுத்த 'அறிவியல் அகராதியும், (2000), 'வெற்றிப்பேரகராதியும் (2001) (மணிவாசகர் பதிப்பக வெளியீடுகள்) இந்நூலில் அறிவியல் கலைச்சொற்களை விளக்கப் பெரிதும் உதவின.

நேஷனல் புக் டிரஸ்ட் நிறுவனத்தாரும், ஆசிரியரும் கீழே குறிப்பிட்டுள்ள நிறுவனங்களுக்கு, அவர்களின் படங்களை இந்நூலில் சேர்க்க அனுமதி வழங்கியதற்கு நன்றி தெரிவித்துக் கொள்கின்றனர்.

—பிரிட்டிஷ் தூதரகம், புதுதில்லி: படங்கள் 1, 3, 26

— இயோசாட் (அமெரிக்க தொலைஉணர்வுகோள் நிறுவனம்) படம் 43

—ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம்: படங்கள் 2, 7, 8, 9, 12, 32, 35, 45, 51, 61, 62

— இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனம் (இஸ்ரோ): படங்கள், 4, 5, 6, 10, 11, 13, 16—20, 27—29, 33, 36—42, 47—49, 52, 54—57.

—இண்டல்சாட்: படம் 30

—இன்மார்சாட்: படம் 14

—லான்ச் ஸ்பேஸ் பத்திரிகை: படம் 22

மாக்டோனால்டு டிவிட்டர்—கனடா விண்வெளி நிறுவனம் படம் 46.

தேசீய வானியல் விண்வெளி நிறுவனம் (அமெரிக்கா): படங்கள் 15, 21, 53, 63

—ஸ்பாட் (பிரெஞ்ச் தொலைஉணர்வுக்கோள் நிறுவனம்): படம் 44.

—டாடா அடிப்படை ஆராய்ச்சி நிலையம், மும்பை: படங்கள் 58, 59, 60.

வண்ணத் தட்டுகளுக்கான படங்களை அளித்த நிறுவனங்கள்: இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனம் (இஸ்ரோ), GAF. MbH, என்ற ஜெர்மானிய நிறுவனம், தேசிய தொலை உணர்வுக்கோள் ஏஜென்சி (என்.ஆர்.எஸ்.ஏ), இஸ்ரோவின் வணிகப்பிரிவு (அன்டிரிக்ஸ்)

தனியார் மற்றும் இதர நிறுவனங்களின் பணிபற்றியுள்ள இந்நூலின் குறிப்புகள், அந்நிறுவனங்களின் பொருட்களையோ, பணிகளையோ ஆதரிக்கும் நோக்கத்துடன் கொடுக்கப்படவில்லை.

1

ஒரு பேரிக்காய் போன்ற புவி

நாம் வசிக்கும் புவி கதிரவனைச் சுற்றிவரும் ஒரு கோள். இந்தக் கருத்து கி.பி. ஐந்தாம் நூற்றாண்டிலேயே நம் நாட்டில் நிலவியது. வானியல் மேதை ஆர்யப்பட்டா (பிறப்பு கி.பி. 476) புவி தனது அச்சிலே சுற்றிக்கொண்டு கதிரவனையும் சுற்றிவரும் ஒரு கோளம் என்று அன்றே (கி.பி.499) கூறினார். இயற்கைக்கோள் ஒரு 'யுகத்தில்' செல்லும் தொலைவு, கதிரவனின் ஒளிபெற்ற பெரியதொரு வட்டத்தின் சுற்றளவுக்குச் சமம் என்றும், ஒரு யுகம் என்பது 43,20,000 ஆண்டுகளுக்குச் சமமான காலவரை என்றும் கணக்கிட்டுக் கூறினார்.

கி.பி. ஆறாம் நூற்றாண்டில் மற்றொரு இந்திய வானியல் மேதை பாஸ்கரசார்யா, கணிதமேதை ஐசாக் நியூட்டனுக்கு (Isaac Newton 1642-1727) சுமார் 12 நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்பே, புவி கதிரவனைச் சுற்ற எடுக்கும் காலத்தை ஒன்பது பதின்மானப் புள்ளிகள் வரை துல்லியமாகக் கணக்கிட்டார்; இன்றைய அளவுப் படி அவரது கணக்கு சிறிதளவே வேறுபடுகின்றது. இது ஒரு வியக்கத்தக்க சாதனை.

புவியின் சுற்றுப்பாதை (சுற்றுவழி எனவும் இன்று அழைக்கப் படுகிறது) பற்றிய கருத்துகள் ஐரோப்பாவில் மெதுவாகத்தான் மாறின. பதினாறாம் நூற்றாண்டில் போலந்து வானியல் மேதை, நிக்கோலாஸ் கோபர்நிகஸ் (Nicolaus Copernicus 1473-1543) புவி தன் அச்சிலேயே சுற்றிக்கொண்டு, கதிரவனை ஆண்டுதோறும் சுற்றுகிறது என்று (கி.பி. 1543) அறிவித்தார்; ஆனால் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகள் வட்டமாக இருக்கும் என்றுதான் அவர் கருதினார். அவருக்குப் பின் தோன்றிய டைகோ பிராஹே (Tycho Brahe 1546 -1601) கோள்களின் பாதைகள் சரியான வட்டத்தில் செல்லுவ தில்லை என்பதை சுட்டிக் காட்டினார். அவருக்கு உதவிய கெப்லர்

(Kepler, 1571-1630) அக்கருத்துகளை ஆராய்ந்து, சுற்றுப்பாதைகள் நீள்வட்டமாக (கோழிமுட்டை வடிவத்தில்) உள்ளன என்றார். மேலும், ஒரு கோள் கதிரவனிடமிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்ல, அது தனது சுற்றுப்பாதையைக் கடக்க அதிக காலத்தை எடுத்துக் கொள்ளும் என்றும், கோளின் வேகம் அது கதிரவனிடமிருந்து உள்ள தொலைவைப் பொறுத்து மாறும் என்றும் கணக்கிட்டுக் கூறினார்.

இயற்கைக் கோள்களைப்போலவே, செயற்கைக்கோள்களும் இயங்க முடியும் என்று கூறிய முதல் மேதை நியூட்டன். 1687இல் அவரது 'பிரின்சிபியா' (Principia) என்ற நூலில் எப்படி ஒரு பொருள், (உதாரணமாக ஒரு பந்து) புவியின் ஈர்ப்பு விசையை எதிர்க்கப் போதுமான வேகத்தில் தொடர்ந்து சென்றால், அது புவியைச் சுற்றிவர இயலும் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டினார். அனைத்துலக ஈர்ப்புவிசை என்று அவர் குறிப்பிட்ட விதி இயற்கை எங்கும் பொருந்தும் என்றும், அவ்விதி எல்லாப் பொருட்களின் சலனத்தையும் கட்டுப்படுத்தும் என்றும் கூறினார். 1870இல் அமெரிக்காவில் பாஸ்டன் நகரில் இருந்த எட்வர்டு ஹேல் (Edward Hale 1822-1909) என்ற குருமாரர், கப்பல்களைச் செலுத்த செயற்கைக் கோள் ஒன்றைப் பயன்படுத்தலாம் என்று யோசனை கூறினார். ஆனால் அக்காலத்தில் அந்த எண்ணம் ஒரு அறிவியல் கற்பனையாகவே இருந்தது.

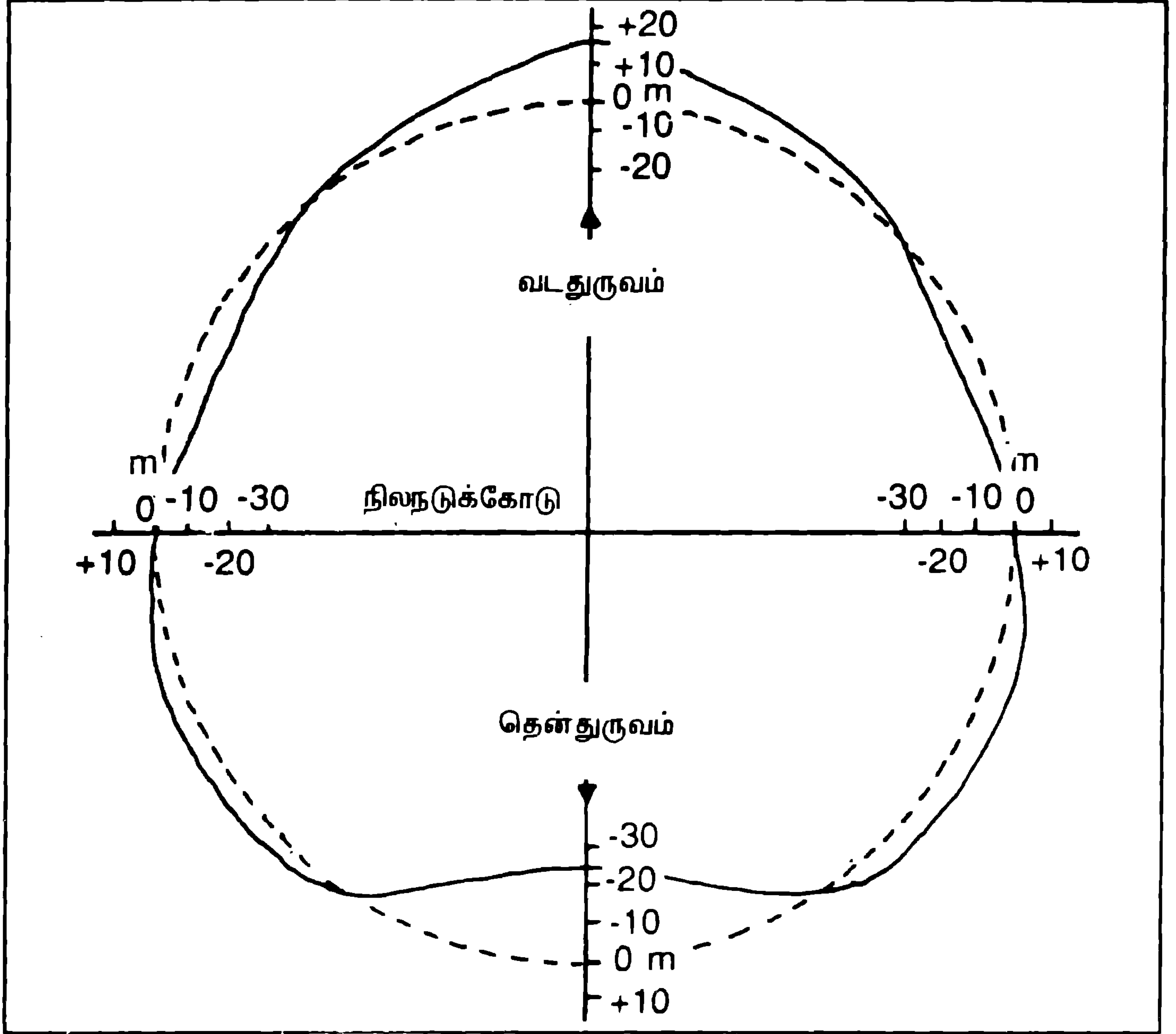
அந்தக் கற்பனை 1957 அக்டோபர் 4ஆம் தேதி நனவாகத் துவங்கியது. அன்று ரஷ்யாவின் செயற்கைக்கோள், ஸ்புட்னிக்—1 (Sputnik-1) புவியைச் சுற்றிவந்து, உலகை விண்வெளிக் காலத்திற்கு அழைத்துச் சென்றது.

இயற்கைக் கோள்களும், செயற்கைக் கோள்களும் செல்லும் வளைவுப் பாதையை சுற்றுப்பாதை என்று அழைக்கலாம். புவியின் ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்து தாம் செலுத்தப்பட்ட வேகத்தின் விளைவாக செயற்கைக் கோள்கள் சுற்றுப்பாதையில் செல்லுகின்றன. செயற்கைக் கோள்கள் இயங்கும் உயரம், காலம், வேகம் ஆகியவற்றை இயற்கையின் விசைகள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. அதற்கேற்ப, சுற்றுப்பாதைகளை அமைத்து, அவற்றின் போக்கை விஞ்ஞானிகள் விவரித்துள்ளது, மனித அறிவுக்கும், கற்பனைக்கும், விடாமுயற்சிக்கும் ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு.

விண்வெளிக்காலம் தோன்றியபின், புவியின் மெய்யான வடிவம் மனிதனுக்குத் தென்பட்டது. புவி ஒரு நேர்த்தியான கோள் வடிவத்தில் இல்லை என்ற உண்மையைச் செயற்கைக் கோள்கள்

கண்டுபிடித்துள்ளன. புவியின் வடிவம், புவிக்கருகே இயங்கும் செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப்பாதையை அமைப்பதில் பெரும்பங்கு பெறுகின்றது. புவியின் மையத்திலிருந்து அதன் வடக்கு தெற்கு முனைகள் புவியின் நிலநடுக்கோட்டின் அரைப் பங்கைவிட, சுமார் 21 கிலோமீட்டர் (கி.மீ.) அருகில் உள்ளன என்று விண்வெளிக்காலம் தோன்றிய சில ஆண்டுகளுக்குள்ளேயே தெரிய வந்தது. விண்வெளிக்காலம் புவியைப் பற்றிய புதிய அறிவையும், துல்லியமான அளவுகளையும் அறிவித்துள்ளது. 1958இல் செயற்கைக் கோள்கள் புவியைச் சுற்றி வந்தபொழுது, துருவங்களின் குறுக்களவு, நிலநடுக்கோட்டின் குறுக்களவைக் காட்டிலும் 42.77 கி. மீ. குறைந்துள்ளது என்பதைக் காட்டின. துருவங்களின் தாழ்வான வடிவை உறுதிப்படுத்திய அளவுகள், சுமார் 170 மீட்டர் அதிகமாகத் தாழ்ந்துள்ளதாக மதிப்பிடப் பட்டதையும் அறிந்தனர். அதே ஆண்டு, வான்கார்டு-1 (Vanguard 1) என்ற அமெரிக்க செயற்கைக்கோள் புவியைச் சுற்றி 500 கி.மீ. தொலைவில் வட்டமான சுற்றுப்பாதையில் செல்லும்படி அனுப்பப் பட்டது. ஆனால் அது குறிப்பிட்ட இலக்கு வழியிலிருந்து விலகிச் சென்றது. இதை விவரித்த வானியல் நிபுணர் டாக்டர் ஜான் ஓ கீப் (Dr. John O' Keefe) கோளின் சுற்றுப்பாதை புவியின் மேற்பகுதியில் எதிர்பார்த்ததைவிட குறுகியும், புவியின் நடுப் பாகத்தில் அகன்றும் இருந்ததாகக் கூறினார். மேலும், தென்முனை புவியின் மையத்திற்கு, வடமுனையைக் காட்டிலும், 40 மீட்டர் அருகே உள்ளது என்றும் தெரிய வந்தது. இதைக்கொண்டு, புவியின் வடிவம் ஒரு பேரிக்காய் போன்றது என்று விஞ்ஞானிகள் கூறினார்கள். (படம் 1)

பிரிட்டனின் அரசு விமான நிறுவனத்தைச் சார்ந்த டெஸ்மண்ட் கிங் ஹேல் (Desmond King Hale) என்பவர் புவி பற்றிய அளவுகளை மேலும் சரிவர அறிய முயன்றார். அவரும், அவரது சக ஊழியருமான ஜி.இ. குக் (G.E.Cooke) என்பவரும் 27 செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகளை பார்வையிட்டு, புவியின் வடிவை விவரமாக ஆராய்ந்தனர். அவர்களது கணக்குப்படி, தெற்குமுனை முன்பு கருதப்பட்ட நிலையைவிட 25.8மீ. தாழ்வாக இருப்பதாகவும், வடக்குமுனை 18.9மீ. உயர்ந்துள்ளதாகவும் அறிவித்தனர். அதாவது, தெற்கு முனை வடக்கு முனையைவிட 44.7மீ. புவியின் மையத்திற்கு அருகில் உள்ளது என்று சுட்டிக்காட்டினார். புவியின் இந்த தட்டையான கோளவடிவும், அதன் சமச்சீரற்ற நிலநடுக் கோட்டின் வடிவமும், புவியைச் சுற்றும் எல்லா செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகளைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. சுற்றுப்பாதையில்



படம் 1. பேரிக்காய் போன்ற புவியின் வடிவம் சமச்சீரற்றதாக உள்ளது. அதனால், அதற்கருகே செல்லும் செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப் பாதைகளில் சிறிய மாறுதல்கள் தோன்றுகின்றன. புவியின் உண்மை யான வடிவை புள்ளியிட்ட கோடு குறிப்பிடுவதில்லை; தொடர்ந்து வரையப்பட்ட பருத்தகோடுதான் சரியான வடிவைக் காண்பிக்கின்றது.

முன்கணக்கைவிட 10 கி.மீ. வேறுபாடுகளை விஞ்ஞானிகள் அன்று கண்டனர். அது புவியின் வடிவத்தில் உள்ள வேறுபாட்டைவிட 200 மடங்கு அதிகம் என்றும் கணக்கிட்டனர். இதன்படி, ஒரு கோளின் பாதையை 200 மீட்டருக்குள் துல்லியமாக அளவிட்டால், புவியின் வடிவை ஒரு மீட்டர் மாறுபாட்டில் அறியலாமென கூறப்பட்டது.

புவியின் பருத்த நடுப்பகுதி

புவியின் பருத்த நடுப்பகுதி அதன் சிறப்பான ஒரு இயல்பாகும். நிலநடுக்கோட்டின் ஆரம் (6,378.14 கி.மீ.), துருவங்களின் ஆரத்தைவிட (6,356.79) சுமார் 21 கி.மீ. அதிக நீளமாக உள்ளது.

புவியின் நடுப்பகுதியின் நீண்ட ஆரம், புவிக்கருகே செல்லும் செயற்கைக் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகளில் மாறுதல்களைச் செய்கின்றது. இதன்படி ஒரு கோள் புவியின் தெற்கு அரைக் கோளத்திலிருந்து வடக்கு அரைக்கோளத்திற்கு மேற்கிலிருந்து கிழக்கு நோக்கிச் சென்றால், அதன் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் நிலநடுக்கோட்டின் ஈர்ப்பால் மேற்கு நோக்கி உந்தப்படும். இதற்கு மாறாக, ஒரு கோள் வடஅரைக்கோளத்திற்கு மேற்கு நோக்கிச் சென்றால், அதன் பாதையின் சமதளம் கிழக்கு நோக்கி உந்தப் படும். இதை கணுக்களின் பின்னடைவு என்றும் அழைக்கின்றனர். கணு என்பது ஒரு கோள் புவியின் சமதளத்தைத் தாண்டும் புள்ளியைக் குறிக்கும்.

சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் புவியில் உள்ள பார்வை யாளருக்கு வேறு ஒரு சுழற்சியையும் தோற்றுவிக்கும். இது புவி தன் அச்சை ஆதாரமாகக் கொண்டு அன்றாடம் சுற்றுவதால் தோன்றும் சுழற்சியாகும். இதன்படி, தாழ்ந்த உயரத்தில் உள்ள சுற்றுப்பாதையில் செல்லும் கோள், ஒரு சுற்றுப்பாதையை முடிக்கும் நேரத்தில் (உதாரணமாக 90 நிமிடங்களில்) புவி கிழக்கு திசையில் 22½° சுற்றியிருக்கும். புவியில் உள்ள பார்வையாளர், சுற்றுப் பாதையின் சமதளம் அதே கோண அளவிற்கு மேற்கு நோக்கி மாறி இருப்பதைக் காண்பார்கள்.

நிழலில் தோன்றிய எண்ணம்

புவியின் வடிவ இயலில் செயற்கைக் கோள்கள் ஒரு திருப்பத்தை ஏற்படுத்தியுள்ளன. புவியின் மேற்பகுதியை சரிவர அளந்து, புதிய நில அளவுப் படங்களை வரைய கோள்கள் உதவுகின்றன; புவியின் ஈர்ப்பு விசையில் உள்ள முரண்பாடுகளை வெளியிட்டுள்ளன. அவற்றால் புவியின் உண்மையான வடிவத்தை விஞ்ஞானிகள் வர்ணிக்க உதவியுள்ளன. ஒரு இடத்தையோ, தொலைவையோ துல்லியமாக அறியவும் கோள்கள் உதவுகின்றன. மேலும், கப்பல், விமானம் செலுத்துதல், புவியியல் ஆராய்ச்சி, சிவில் தொழிற் பொறியியல், கண்டங்களைக் கடக்கும் ஏவுகணைகளைச் செலுத்து வது போன்ற பல பயன்பாடுகளில் கோள்கள் உதவுகின்றன.

புவியின் வடிவம் வெகுகாலமாகவே பல பண்பாடுகளின் கவனத்தைக் கவர்ந்துள்ளன. புராதன வானியல் ஆராய்ச்சிகள் புவியின் சுற்றளவையும், குறுக்களவையும் காட்டுகின்றன. ஏழாம் நூற்றாண்டில், பிரம்ம குப்தா புவியின் சுற்றளவை அனேகமாக

சரிவர அறிவித்தார். கிரேக்க மேதைகள் புவியும் கதிரவனைப் போலவும், நிலாவைப் போலவும் சுற்றிவரும் ஒரு கோளம் என்று கற்பனை செய்தனர். இக்கருத்தைப் பரப்பியவர் பைதாகோரஸ் (Pythagoras) என்ற கி.மு. ஆறாம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த கிரேக்க மேதை. அந்நாட்டின் தலைசிறந்த சாதனையை கி.மு. மூன்றாம் நூற்றாண்டிலேயே காண்கின்றோம். அப்பொழுது எகிப்தில் இருந்த ஏரோடோஸ்தனிஸ் (Eratosthenes) என்ற கிரேக்க மேதை புவியின் சுற்றளவை ஒரு நூதன முறையில் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டார். நடுவேனிற்காலத்தில் அஸ்வானில் சயீன் என்ற இடத்தில் உள்ள கிணறுக்குள் கதிரவன் நேரடியாகப் பிரதிபலிப்பதைக் கண்டார். அப்பொழுது, நேர் வடக்கில் உள்ள அலெக்சான்டிரியாவில் கதிரவன் 7.2° கோணத்தில் ஒரு நிழலை விளைவித்ததையும் கண்டார். இந்தக் கோணம் வட்டத்தில் ஐம்பது பிரிவுகளில் ஒன்றாக இருந்ததால், புவியின் சுற்றளவு அஸ்வானிற்கும் அலெக் சான்டிரியாவுக்கும் உள்ள தொலைவைவிட ஐம்பது மடங்கு அதிகமாக இருக்கும் என்றார். இரு இடங்களுக்குமிடையே உள்ள தொலைவை ஒரு ஒட்டகத்தின் சராசரி வேகத்தைக் கொண்டு நிர்ணயித்தார். இதன் விளைவாக புவியின் சுற்றளவை ஒரு விழுக்காடு வேறுபாட்டில் (39,852 கி.மீ.) அறிவித்தார்.

பேரிக்காய் வடிவ நிலநடுக்கோடும் ஒரு நேர்த்தியான வட்ட வடிவில் இல்லை. நிலநடுக்கோடு ஒரு நீள்வட்டமாகவே உள்ளது. புவியின் வடிவம் அதன் குறுக்குக் கோடுகளையும், நெடுக்குக் கோடுகளையும் பொருத்து மாறி அமைந்துள்ளது. புவியின் புதிய வடிவம் பல கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகளை உன்னிப்பாகக் கவனித்ததில் புலனாயிற்று.

புவியின் ஈர்ப்பு விசையைப் பொருத்து, புவியின் வெளிப்புற வடிவை நிர்ணயித்துள்ளனர். இந்த வடிவை 'ஜியோடு' என்று அழைக்கின்றனர். இதன்படி புவியின் அடிப்படையான வடிவும், கடல்நீரின் சராசரி மேல்மட்ட நிலையும் அனேகமாக ஒன்றாகத் தென்படும். ஆனால், கடலின் அலைகளையும், காற்றின் விளைவையும் பொருட்படுத்தாமல் புவியின் அடிப்படை வடிவை நிர்ணயிக்கின்றனர். அந்த அடிப்படைத் தளத்திற்கு மேல் மலை களையும், பள்ளத்தாக்குகளையும் வரைகின்றனர். (படம் 2) கடலின் நீர்மட்ட நிலை புவியின் ஈர்ப்பு விசைக்கு செங்குத்தாக காட்டப் படுகிறது. ஆகவே, புவியின் ஈர்ப்பு விசையை சரிவர அறிந்தால், கடல்நீர்மட்ட நிலையின் வடிவத்தையும் துல்லியமாக அறியலாம். ஈர்ப்பு விசையின் திறனை, புவிக்கருகே சுற்றும் கோள்களின்

பாதைகளில் ஏற்படும் சிறிய மாறுதல்களால் துல்லியமாகக் குறிப்பிடுகின்றனர். ஆக, 'ஜியோடு' என்ற புவியின் அடிப்படை வடிவத்தை அநேகமாக தினந்தோறும் சரிபார்த்துக் கூறுகின்றனர்.

ஈர்ப்பு விசைக்குத்தக்க தயாரிக்கப்பட்ட படங்கள், பேரிக்காய் வடிவிலுள்ள புவியைப் பற்றி பல புதிய தகவல்களை வெளிப் படுத்தியுள்ளன. உதாரணமாக, 8,00,000 முறை பார்த்து வரையப் பட்ட படத்தில், கடலடிப்பகுதி, இந்தியாவிற்குத் தெற்கே 105 மீட்டர் தாழ்ந்தும், ஆஸ்திரேலியாவிற்கு வடக்கே 85 மீட்டர் உயர்ந்தும் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. 1998இல் செலுத்தப்பட்ட அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனத்தின் சீசாட் (Seasat) என்ற கடற்கோள் கடலின் வெளிப்புற உயரத்தில் காணப்படும் வேறு பாடுகளைக் கண்கணித்து, புவியின் வடிவத்தைப் பற்றி பல விவரங்களை சேகரித்தது. கோளில் வைக்கப்பட்டிருந்த ரேடார் உயரமானி, தானே தனது உயரத்தைக் கணக்கிட்டது. இதற்காக, அக்கோள் கடலை நோக்கிச் செலுத்திய ரேடார் அலைகள் கடல்மட்டத்திலிருந்து திரும்ப எடுக்கும் காலத்தைக் கணக்கிட்டது.

புவியின் ஈர்ப்பு விசையை ஆதாரமாகக் கொண்டுள்ள அளவுகளைத் துல்லியமாகக் காண்பிக்க, 'லேசர்' கதிர்வீச்சுகளை பயன்படுத்துகின்றனர். இத்துறையில் ஆய்வுகள் பல நடைபெறு கின்றன. இரு இத்தாலியக் கோள்கள் லாகோஸ்-1, 2 (Lageos 1, 2) 1992இல் புவிக்கு மேல் 590 கி.மீ. வெவ்வேறு கோணங்களில் செலுத்தப்பட்டன. ஒவ்வொரு கோளிலும் சமஇடைவெளியில் ஓரங்களில் பிரதிபலிக்கும் 426 கண்ணாடிகள் வைக்கப்பட்டு, அக்கோள்கள் கோல்ஃப் ஆட்டப்பந்துகள் போலத் தோன்றின. ஒரு லேசரின் ஒளி கோளிலிருந்து புவிக்குச் சென்றுவரும் கால தாமதத்தை 30 நாட்டு ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் மதிப்பிட்டன. காலதாமதங்களைக் கொண்டு, புவிக்கடியில் உள்ள பாறைத் தட்டுகளின் அசைவுகளையும், புவி சுழலும்பொழுது காணப்படும் சற்றே தள்ளாடும் அசைவுகளையும், கடல்நீர் மட்டத்தின் ஏற்றத் தாழ்வுகளையும் நன்றாக அறிந்துகொள்ள இக்கோள்கள் உதவுகின்றன.

ஈர்ப்பு விசையை சரிவர அளவிட வேண்டிய அவசியத்தை, 1969இல் மனிதன் முதன்முதலாக நிலாவில் இறங்கியபொழுது உணர்ந்தார்கள். அப்போலோ (Apollo 11) கலனில் சென்ற நீல் ஆர்ம்ஸ்டிராங் (Neil Armstrong) இலக்கு இடத்திற்கு ஆறு கிலோமீட்டர் தள்ளியே இறங்கினார் என்று பின் தெரிய வந்தது. நிலாவின் ஈர்ப்புவிசையை அப்பொழுது சரிவர அறியாததே

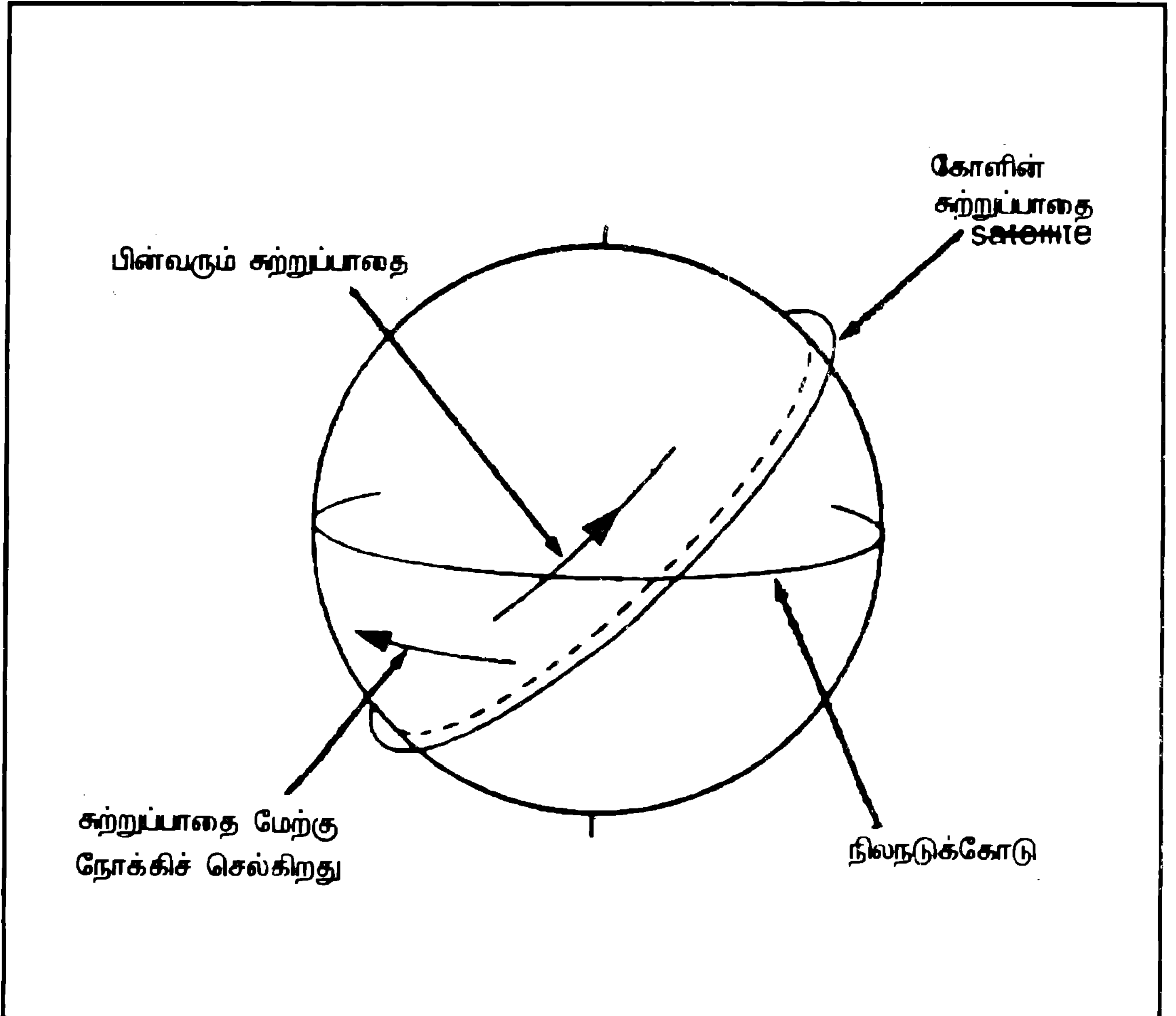
படம் 2. கடலின் மேற்பகுதியின் இட இயல்பை கோளில் உள்ள ரேடார் உயரமானிகள் அளவிடுகின்றன. புவியின் ஈர்ப்புவிசைக்கேற்ப வரையப்படும் புவியின் ஆதார வடிவத்தை (ஜியோடு) கடலின் மேற்புற உயரத்திலிருந்து கழித்தால், கடலின் வேறுபடும் இட இயல்பை அறியலாம்.

அதற்குக் காரணம். நிலாவில் புவியைவிட ஆறில் ஒரு பங்குதான் ஈர்ப்புவிசை. ஆக, ஏவுகணைகளையும், கோள்களையும் சரிவர செலுத்த, புவியின் ஈர்ப்புவிசையைச் சரிவர அளவிட வேண்டும்; அதற்குச் செயற்கைக் கோள்களையே விஞ்ஞானிகள் பயன்படுத்திக் கொண்டனர்.

2

கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை

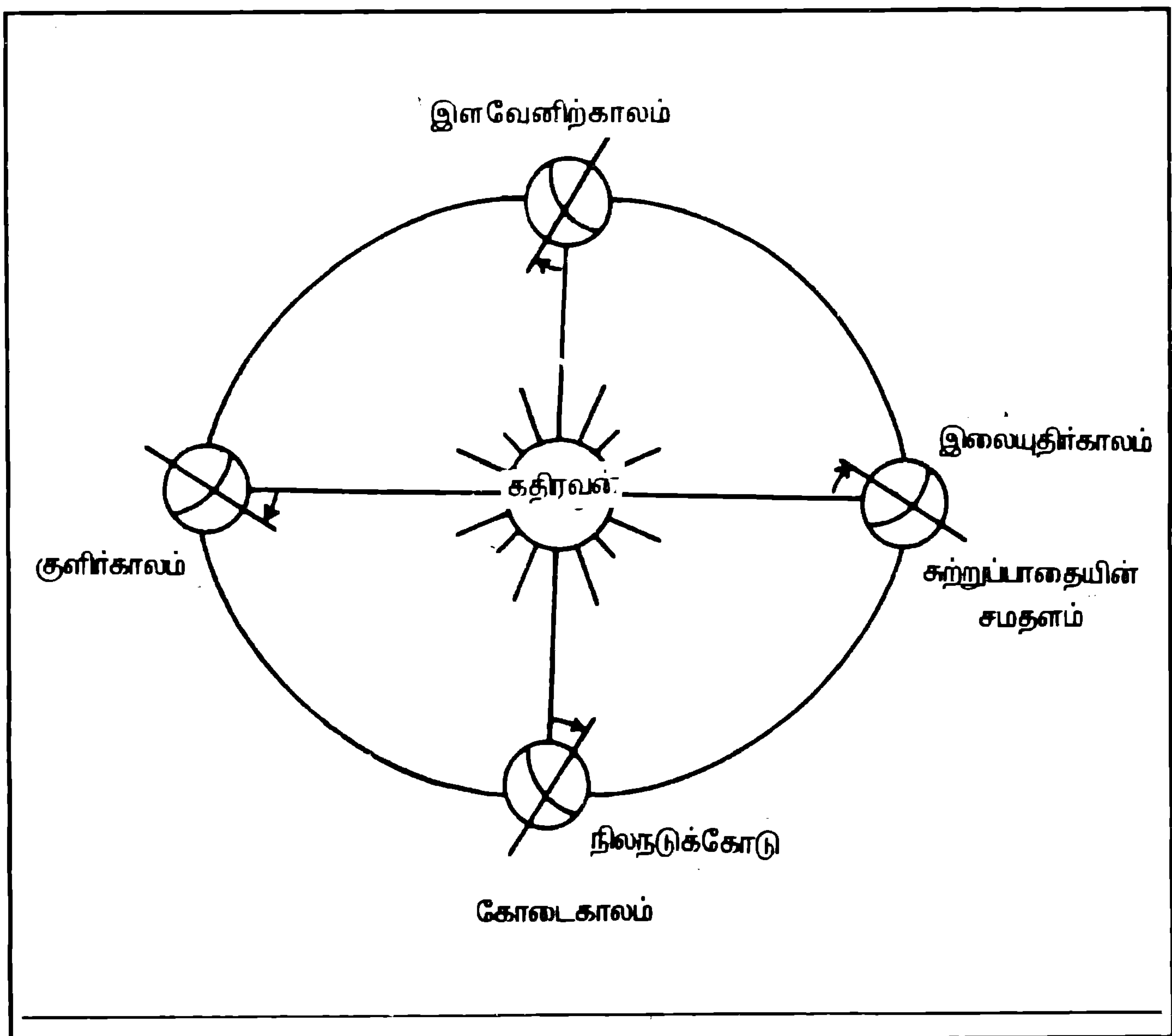
நிலநடுக்கோட்டில் புவி சற்றே பருத்து இருப்பதால், சில கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகள் வேறுபடுகின்றன (படம் 3). புவியைக்



படம் 3. புவியின் நிலநடுக்கோட்டின் பருமன் கோள்களின் சுற்றுப்பாதைகளில் மாற்றங்களை விளைவிக்கின்றது. உதாரணமாக, ஒரு கோள் நிலநடுக்கோட்டை, புவியின் தெற்கு அரைக் கோளத்திலிருந்து வடக்கு அரைக்கோளத்திற்கு மேற்கிலிருந்து கிழக்கு திசையில் கடந்தால், கோள் செல்லும் சுற்றுப் பாதையின் சமதளம், மேற்கு நோக்கி நகரும்.

கண்காணிக்கும் கோள்களை ஒரு குறிப்பிட்ட வகையான சுற்றுப் பாதையில், கதிரவனுடன் இணைந்து செலுத்த இயலுகின்றது. இது இயற்கை நமக்கு அளித்துள்ள ஒரு அரிய பரிசு!

கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை என்னவென்று பார்ப்போம். இதை அடைய ஒரு கோள் புவியின் தெற்கு அரைப்பகுதியிலிருந்து வடக்கு அரைப்பகுதிக்கு, கிழக்கிலிருந்து மேற்கு திசையில் செல்ல வேண்டும். அப்பொழுது இக்கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் கிழக்கு நோக்கி, புவி கதிரவனைச் சுற்று வதற்குச் சமமாக, நாள் ஒன்றுக்கு சுமார் ஒரு டிகிரி, (0.9856°) நகருகின்றது. இதனால், சுற்றுப் பாதையின் சமதளம், கதிரவனையும் புவியையும் "சேர்க்கும்" (கற்பனைக்) கோட்டுடன், ஒரே கோணத்தில் ஆண்டு முழுவதும் இருக்கும் (படம் 4). புவி கதிரவனைச் சுற்றி வரும்பொழுது, எந்தக் கோணத்தில் அதன் சமதளம் சாய்ந்தாலும்,

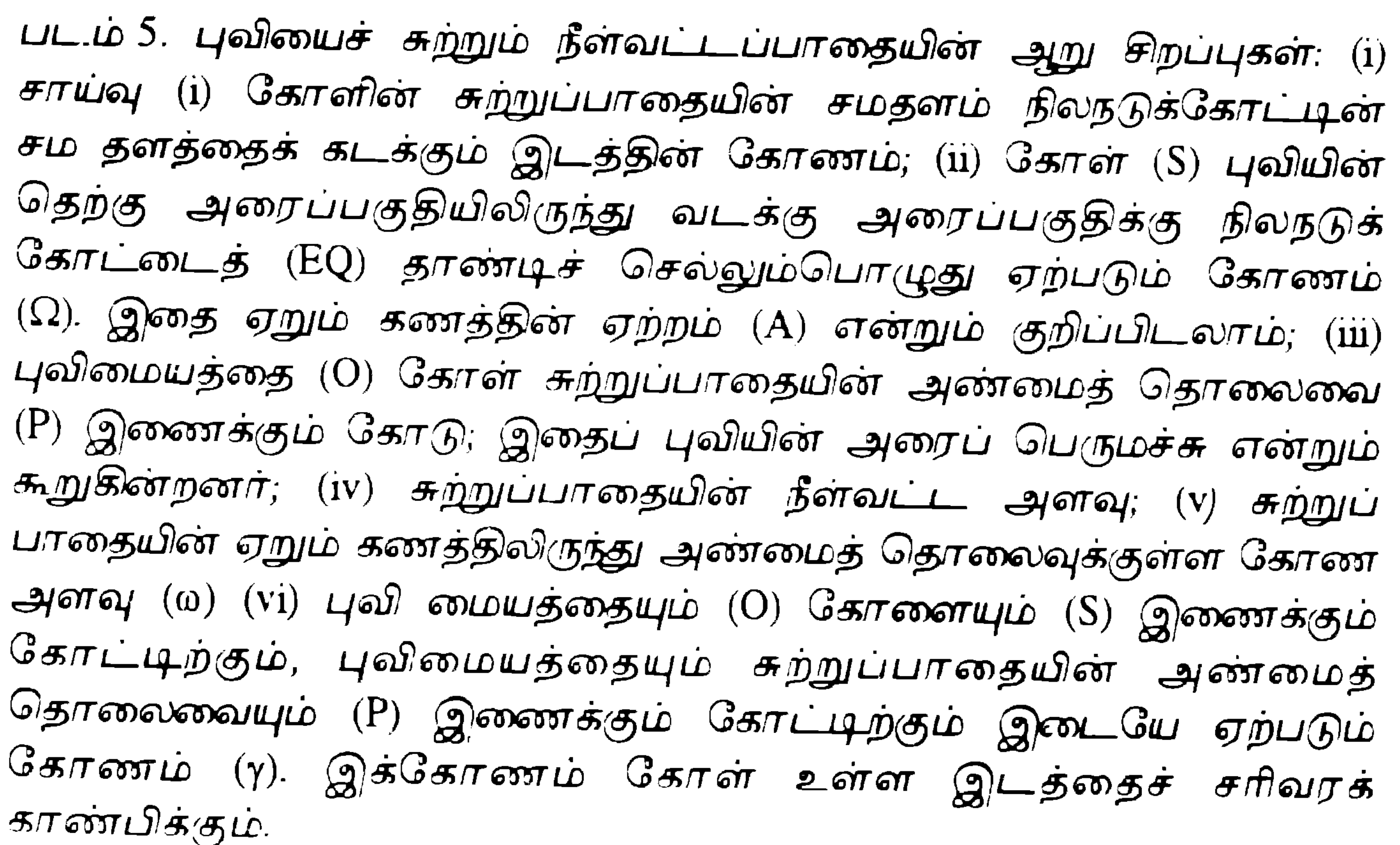


படம் 4. கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில், கதிரவன்-புவி இடையே உள்ள 'கோட்டிற்கும்', கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சமதளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணம், புவி கதிரவனைச் சுற்றி வருவதால் மாறாது.

கோள் ஒரே கோணத்தில் புவியைப் பார்க்கும். இதைத்தான் கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை என்று அழைக்கின்றனர். துறை சொற்களிலும் இதை விவரிக்கலாம்: அதாவது, சுற்றுப் பாதையின் சமதளம், (புவியின் சுழலும் அச்சை சார்ந்து சுற்றும் பொழுது தோன்றும் அதன் கோணம்), கதிரவனை புவி சுற்றிவரும் பொழுது வேறுபடும் சராசரி சாய்வுக்கோணத்துடன் இணைந்து இருக்கும் என்றும் கூறலாம். ஒரு சுற்றுப்பாதையின் சாய்வுக்கோணம், சுற்றுப் பாதையின் சமதளமும் புவியின் நிலநடுக்கோட்டின் சமதளமும் சந்திக்கும் விதத்தைப் பொறுத்து அமையும். ஒரே கோணத்தில் கோள் இயங்குவதால், ஆண்டு முழுவதும், பருவங்கள் மாறினாலும், கதிரவனின் ஒளிவீச்சை ஒரே கோணத்தில் கண்டு பதிவுப் படங்களை எடுக்க உதவுகின்றது. துருவங்களைக் கடந்தோ, அல்லது அவற்றுக்கருகில் சென்றோ புவியைச் சுற்றும் கோள்கள், புவியில் எல்லா இடங்களையும் தனது பயணங்களில் "பார்க்கும்". மேலும், கதிரவனுடன் இணைந்து துருவங்களைச் சுற்றினால், அக்கோள் புவி நிலநடுக்கோட்டை (உள்ளூர் கடிகாரப்படி) ஒரே நேரத்தில் ஒவ்வொரு முறையும் கடக்கும்.

கோளின் சுற்றுப்பாதையை அறிந்துகொள்ள ஒரு நெறி முறையை வகுத்துள்ளனர். அதன் மூன்று அச்சுகளும் ஒன்றுக் கொன்று 90° அளவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு அச்சு புவியின் மையத்திலிருந்து நிலநடுக்கோட்டின் வழியாகச் செல்லும் (Y); இன்னொரு அச்சு புவிமையத்திலிருந்து வடமுனைக்குச் செல்லும் (Z); மூன்றாவது அச்சு புவிமையத்திலிருந்து வானில் ஏரிஸ் என்ற ராசியை நோக்கிச் செல்லும். புவியைச் சுற்றி உள்ள நீள்வட்ட சுற்றுப்பாதை ஆறு சிறப்பு அம்சங்களைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப் படுகின்றது. அதன்படி, கோளின் நிலையும், வேகமும் கண் காணிக்கப்பட்டு, தேவையானால் கோள் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது (படம் 5).

கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையின் சேய்மையும் (புவியிலிருந்து மிகத் தொலைவில் உள்ள புள்ளி) அண்மையும் (புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள புள்ளி) புவியின் ஈர்ப்பாலும் இயற்கையின் வேறு இடையூறுகளாலும் மாறிக் கொண்டே இருக்கும். சரிப்படுத்தாவிட்டால், அண்மையில் உள்ள புள்ளி குறிப்பிட்ட உயரத்தைவிட்டு மாறுபடும். அதனால் கோள், புவியின் பல்வேறு (குறுக்குக் கோடுகள் காட்டும்) இடங்களின் மேல், வெவ்வேறு உயரங்களில் செல்லும். இதன் விளைவாக கோளி லிருந்து மின்காந்த அலைகளில் பதிவாக்கப்படும் வரைபடங்கள்



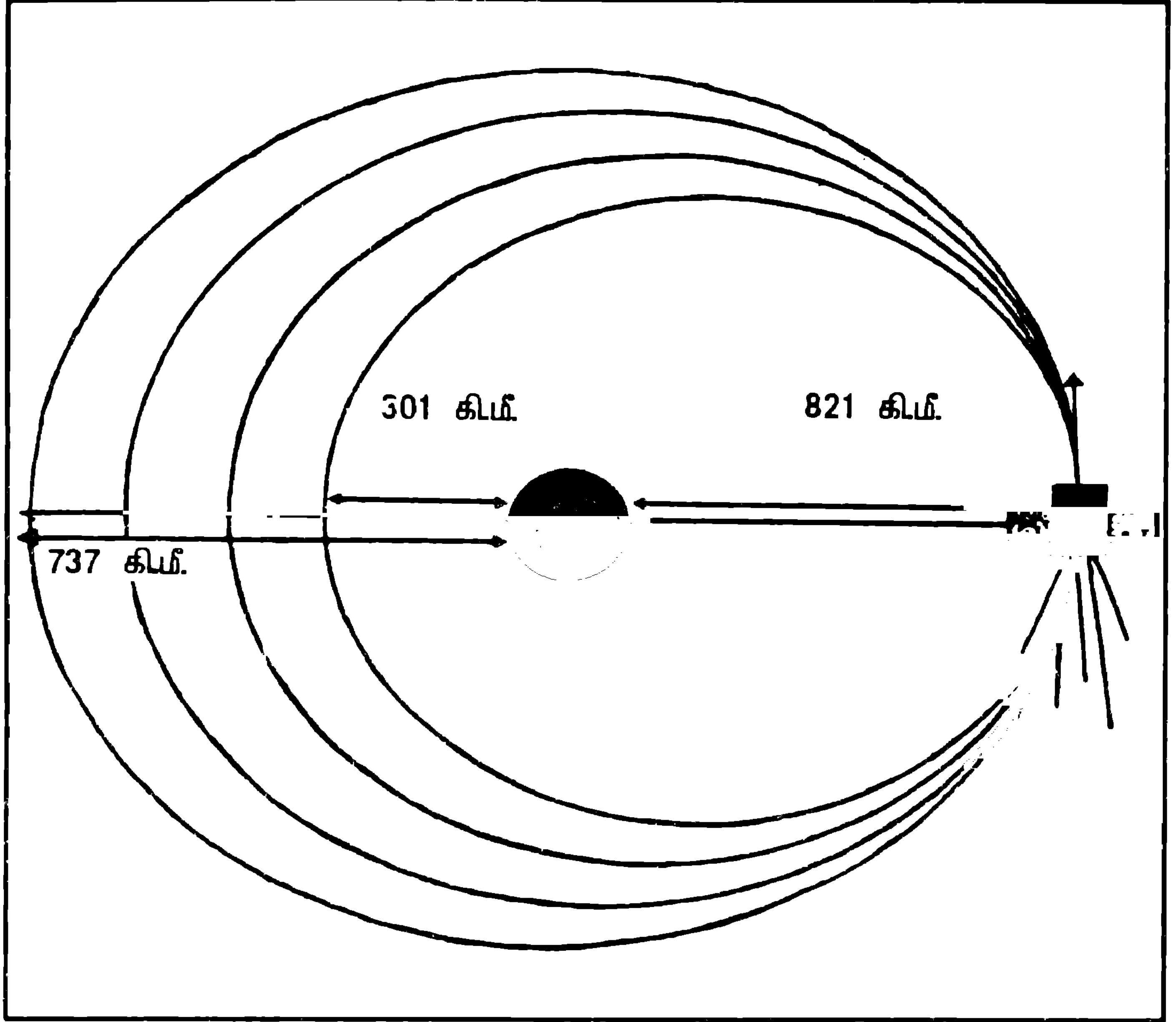
படம் 5. புவியைச் சுற்றும் நீள்வட்டப்பாதையின் ஆறு சிறப்புகள்: (i) சாய்வு (i) கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் நிலநடுக்கோட்டின் சம தளத்தைக் கடக்கும் இடத்தின் கோணம்; (ii) கோள் (S) புவியின் தெற்கு அரைப்பகுதியிலிருந்து வடக்கு அரைப்பகுதிக்கு நிலநடுக் கோட்டைத் (EQ) தாண்டிச் செல்லும்பொழுது ஏற்படும் கோணம் (Ω). இதை ஏறும் கணத்தின் ஏற்றம் (A) என்றும் குறிப்பிடலாம்; (iii) புவிமையத்தை (O) கோள் சுற்றுப்பாதையின் அண்மைத் தொலைவை (P) இணைக்கும் கோடு; இதைப் புவியின் அரைப் பெருமச்சு என்றும் கூறுகின்றனர்; (iv) சுற்றுப்பாதையின் நீள்வட்ட அளவு; (v) சுற்றுப் பாதையின் ஏறும் கணத்திலிருந்து அண்மைத் தொலைவுக்குள்ள கோண அளவு (ω) (vi) புவி மையத்தையும் (O) கோளையும் (S) இணைக்கும் கோட்டிற்கும், புவிமையத்தையும் சுற்றுப்பாதையின் அண்மைத் தொலைவையும் (P) இணைக்கும் கோட்டிற்கும் இடையே ஏற்படும் கோணம் (γ). இக்கோணம் கோள் உள்ள இடத்தைச் சரிவரக் காண்பிக்கும்.

வெவ்வேறு அளவுகளில் கிடைக்கும். ஆகவே, கோளில் உள்ள உந்துவிசை என்ஜினைப் பயன்படுத்தி, சுற்றுப் பாதையின் அண்மைப் புள்ளியை குறிப்பிட்ட உயரத்தில் மாறாதபடி "உறையச்" செய்கின்றனர். உதாரணமாக, ஐஆர்.எஸ்-1Cயின் சுற்றுப்பாதையின் அண்மையை வடமுனைக்கு 809 கி.மீ. உயரத்தில் நிறுத்த முடிவு செய்தனர்.

1997இல் ஐஆர்எஸ் I-D கோளை செலுத்திய பொழுது, அதன் சுற்றுப்பாதையின் அண்மைத் தொலைவை, படிப்படியாக உயர்த்த வேண்டி நேரிட்டது. ஏனெனில், கோளின் துவக்க சுற்றுப் பாதை முட்டைவடிவமாக அமைந்துவிட்டது. அதனால், அதன் சேய்மை 821 கி.மீ. ஆகவும், அண்மை 301 கி.மீ. ஆகவும் அமைந்தது. அண்மைத் தொலைவு சுமார் 500 கி.மீ. தாழ்ந்து இருந்தது. கோளின் உந்துவிசைக் கருவியைப் பயன்படுத்தி, அண்மைத் தொலைவை 737 கி.மீ. ஆக மெல்ல, மெல்ல உயர்த்தினார்கள். சேய்மைத் தொலைவை 821 கி.மீ. ஆகவே விட்டுவைத்தனர். இம்முறையில், கோளின் எரிபொருளை சிக்கனமாக பயன்படுத்தினர். இதனால், வரையறுக்கப்பட்ட மூன்று ஆண்டுகளுக்கும் மேலாகவே கோள் செவ்வனே செயல்பட்டு வருவது குறிப்பிடத்தக்கது. (படம் 6)

கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதைகள் பல உண்டு. உதாரணமாக, 893 கி.மீ. உயரத்தில் 99° சாய்ந்த கோணத்தில் சுற்றுப்பாதை அமைந்தால், நாள் ஒன்றுக்கு 14 முறை புவியைச் சுற்றலாம். சுற்றுப்பாதையின் உயரத்தைப் பொறுத்து, சுற்றுப் பாதையின் சமதளம் நிலநடுக்கோட்டுடன் கொள்ளும் கோணம் மாறும். 80° சாய்வு கோணத்தில் கோள் சுற்றினால், மக்கள் வசிக்கும் பெரும்பாலான இடங்களுக்கு மேலாகக் கோள் செல்லும். சில சாய்வு கோணங்களிலும், உயரங்களிலும் துருவங்களைக் கடக்கும் சுற்றுப்பாதைகளில் செல்லும் கோள்கள் புவியின் நடுநிலைக் கோட்டை ஒவ்வொரு நாளும் ஒரே நேரத்தில் கடக்கும். சாதாரணமாக 95° முதல் 105° வரை சாய்ந்த சுற்றுப்பாதைகள் தொலைஉணர்வுக் கோள்களுக்குப் பயன்படுகின்றன. 90° கோணத்தில் துருவங்களைக் கடக்கும் சுற்றுப்பாதைகள் தொலை உணர்வுப் பணிக்குப் பயன்படுவதில்லை.

சுற்றுப்பாதையில் ஏற்படும் சிக்கல்கள் புவியின் தட்டை வடிவத்தால் மட்டுமே தோன்றுவதில்லை. கோள் செல்லும் இடங்களில் உள்ள காற்றுவெளியின் ஈர்ப்பு போன்றவை சுற்றுப் பாதையின் வடிவை சீர்குலைக்கும்; கோளின் சுற்று வேகத்தையும், உயரத்தையும், சுற்றிவரும் நாட்களையும் குறைத்துவிடும். காற்று



படம் 6. கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள் ஒன்றின் (I.R.S.-1D) சுற்றுப்பாதையைச் சரிப்படுத்த, அதன் அண்மைத் தொலைவை (புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள புள்ளி) உயர்த்த வேண்டியதாயிற்று.

வெளியின் ஈர்ப்பு கதிரவனின் வெப்ப வீச்சைப் பொருத்து மாறும். கதிரவனின் வெப்பம் கடுமையாக வீசினால், புவிக்கு மேல் 800 கி.மீ. உயரத்தில் காற்றுவெளியில் மூலக்கூறுகளின் அடர்த்தி அதிகமாகும். மேலும், கதிரவனின் ஈர்ப்பு விசையும், நிலாவின் ஈர்ப்பு விசையும் கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சரிவான கோணத்தைக் குறைத்துக் கொண்டே வரும். சரிவை சரிசெய்யவும், காற்று வெளியின் ஈர்ப்பைக் குறைக்கவும் கோளின் சுற்றுப் பாதையை அவ்வப்பொழுது சீர்படுத்த வேண்டும்.

கோளின் சாய்வையும் சுற்றுப்பாதையையும் கட்டுப்படுத்த கோளிலியேயே வழிமுறை உள்ளது. சுற்றுப்பாதையின் உயரத்தை ஏறத்தாழ ஒரு கிலோமீட்டர் வேறுபாட்டில் கட்டுப்படுத்துகின்றனர். அதேபோல், கோளின் சாய்வை 0.15° வேறுபடும்படி கோளை இயக்குகின்றனர்.

கதிரவனுடன் இணைந்து இயங்கும் சுற்றுப்பாதையை கோள் ஏவப்பட்ட 12 நிமிடங்களுக்குள் அடைந்துவிடும். குறிப்பிட்ட சுற்றுப்பாதையை அடைந்தபின், கதிரவன் வெப்பத்தை ஈற்று மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் பலகைகள் விரிக்கப்படுகின்றன. பின்னர், கதிரவன் இயக்கும் இடத்தையும், புவியையும் நாடி, அவற்றை கோள்நோக்குமாறு கட்டளை இடப்படுகிறது. ஏவிய 24 மணி நேரத்திற்குள் கலனில் கொண்டுசெல்லப்பட்ட காமிரா போன்ற கருவிகள் சோதிக்கப்படுகின்றன. அடுத்து பத்து நாட்களில் சுற்றுப்பாதையை சரிபடுத்தி கோள் செயல்படத் தயார் என அறிவிக்கின்றனர்.

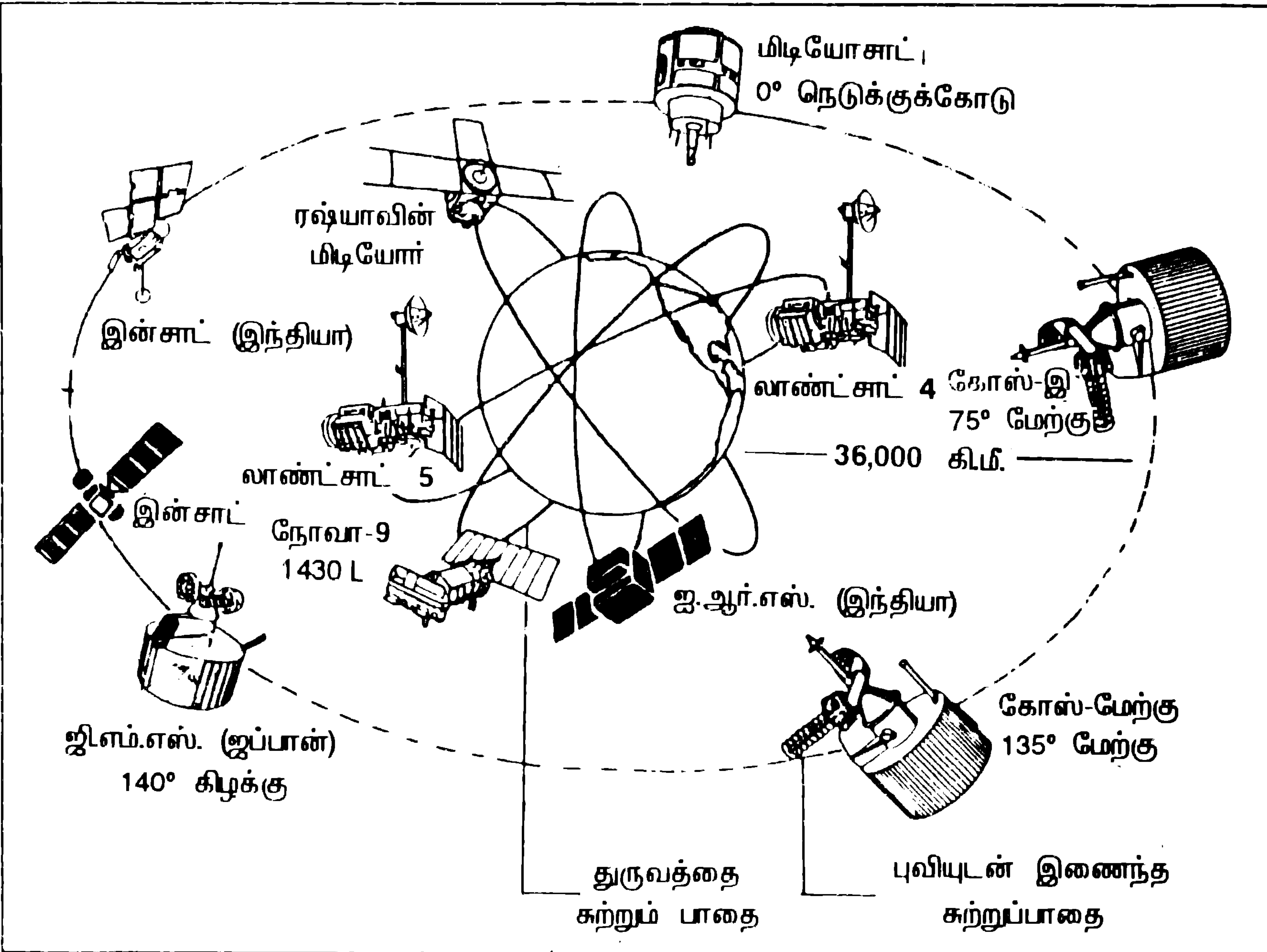
உதாரணமாக, கதிரவனுடன் இணைந்து இயங்கும் கோள் ஒரு நாளில் 14 சுற்றுப்பாதைகளை நிறைவாக்கும். அடுத்தடுத்து வரும் ஒவ்வொரு சுற்றுப்பாதையும் புவியின் நில அளவில் 25.798° தள்ளி உள்ள நெடுக்குக் கோடுகளுக்குமேல், அதாவது 2,872 கி.மீ. தொலைவில், மேற்கு திசையில் நகர்ந்துகொண்டே செல்லும். ஒவ்வொரு நாளும் 14 சுற்றுப்பாதைகளுக்குப் பிறகு கோளின் பாதை மேற்கு நோக்கி 1.17° தள்ளப்படுகிறது. ஒருநாள் சுற்றியபின் நிலநடுக்கோட்டைத் தாண்டும் பொழுது, கோள் 130.54 கி.மீ. தள்ளிச் செல்லுகின்றது. இதன்படி, உதாரணமாக, ஐ.ஆர்.எஸ் கோள் ஒன்று இந்தியத் துணைக்கண்டம் முழுவதையும் படம்பிடிக்க, 22 நாட்களில் 307 சுற்றுப்பாதைகளை மேற்கொண்டது.

3

புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை

புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் விண்வெளிக்கோள்கள் இயங்கலாம் என்ற கருத்தை 1929இல் ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி, ஹெர்மான் போடோநிக் (Hermann Potonik 1892-1929) முதன் முதலாக தமது நூலில் விவரித்தார். ஆனால் 1945இல் அறிவியல் கற்பனை எழுத்தாளர், ஆர்தர் சி. கிளார்க் (Arthur C. Clarke) புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களின்மூலம் வானொலியைப் பரப்பலாம் என்று விவரித்ததுதான் மக்களைப் பெரிதும் கவர்ந்தது. புவிக்கப்பால் இணைப்பு என்ற கட்டுரையில், இத்தகைய சுற்றுப் பாதையை விவரித்தார். புவியிலிருந்து 42,000 கி.மீ. தொலைவில் (24 மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை (23 மணி, 56 நிமிடங்கள், 4 வினாடிகள் அல்லது 86,164.1 வினாடிகள்) ஒரு கோள் சுற்றி, அதன் சுற்றுப் பாதையின் சமதளம் புவியின் நிலநடுக்கோட்டுடன் ஒன்றிணைந் தால், புவியுடன் இணைந்து இயங்கும்கோள் ஒரே இடத்தில் இருப்பது போலத் தோன்றும் என்றார். (படம் 7) அவரது எண்ணம் 20 ஆண்டுகளுக்குப் பின் விண்வெளிக்காலம் தோன்றிய பிறகு நிறைவேறியது.

1959இல் பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானிகள் நிலாவிற்கு வானொலி அலைகளை அனுப்பி, அவற்றின் எதிரொலியை 2.6 வினாடி களுக்குப் பிறகு, அமெரிக்காவில் பதிவு செய்தனர். ஒரு கோளின் தொடர்புக் கருவிகளைப் பரிசோதித்தனர். அக்கோளை 180-1490 கி.மீ. என்ற அளவில் நீண்ட சுற்றுப் பாதையில், 1959இல் செலுத்தி னார்கள். 1958இல் ஜனவரியில் அக்கோள் புவியின் காற்று வெளிக்குள் திரும்பி வந்தது. 1960இல் உலோகப் பலூன்களை, புவியை ஒவ்வொரு 100 நிமிடத்திற்கு ஒருமுறை வட்டமிடச் செய்தனர். விண்ணிலிருந்து சைகைகள் வருவதைச் சோதித்தனர். 'எதிரொலி' என்று அழைக்கப்பட்ட அந்த பலூன், வானொலி



படம் 7. புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையும் (நிலநடுக்கோட்டிற்கு சுமார் 36,000 கிமீ. மேலாக), புவிக்கருகே உள்ள தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளும்.

அலைகளைத் தன் பெயருக்கேற்ப பிரதிபலித்தது. ஆனால் அதிக உயரத்தில் அக்கோள் பறக்காததால், நிலமையங்களை வெகு வேகமாகக் கடந்துசென்றுவிட்டது. மேலும், தான் அனுப்பிய அலைகளை கோள் வலுப்படுத்தவில்லை. ஆகவே, தானாக வினை மேற்கொள்ளாத கோள் என்று அதை அழைத்தனர். அலைகளை வலுப்படுத்த, வலுவான நில மையங்கள் தேவைப்பட்டன.

அடுத்தபடி, புவியிலிருந்து அனுப்பிய அலைவரிசையை கோள்மூலம் வலுப்படுத்த முயன்றனர். 1962இல் டெல்ஸ்டார் (Telstar) என்ற கோள் அமெரிக்காவிற்கும் பிரான்ஸ் நாட்டிற்கும் இடையே தொலைக்காட்சித் தொடர்பை 22 நிமிடங்கள் அளித்து, "பார்வையிலிருந்து" மறைந்தது. கோளின் உயரத்தை அதிகரித்தால், அதன் கடந்துசெல்லும் வேகத்தைக் குறைக்கலாம் என்றும், சுமார் 36,000கி.மீ. உயரத்தில் நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேலாக இயங்கினால், ஒரே நிலையில் 24 மணிநேரமும் கோள் தென்படும் என்றும் அறிந்தனர்.

உயர்வான சுற்றுப்பாதைகளை அடைய வலுவான பெரிய ஏவுகணைகள் கிடைக்கத் துவங்கியதும், புதிய . தலைமுறைக் கோள்கள் உருவாக்கப்பட்டன. 1963இல் பிப்ரவரியில் சின்காம்-I (Syncom-I) என்ற கோள் முதன்முதலாகப் புவியுடன் இணைந்து செயல்பட்டது. ஒரு சிறிய கோளாறு காரணமாய், அது புவியுடன் கொண்ட தொடர்பு துண்டிக்கப்பட்டது. 1963, ஜூலை 26இல் சின்காம்–II அட்லாண்டிக் பெருங்கடலுக்கு மேலாக விண்ணில் செயல்பட செலுத்தப்பட்டது. அதுவே புவியுடன் இணைந்து வெற்றிகரமாக இயங்கிய முதற்கோள். ஹியூஜிஸ் (Hughes) என்ற அமெரிக்க விமான உற்பத்தி நிறுவனத்தின் ஹெரால்டு ஏ. ரோசன் (Harold A. Rosen) என்ற வல்லுநர் அக்கோளை அமைப்பதில் பெரும்பங்கு வகித்தார்.

1964இல் சின்காம்–III பசிபிக் கடலுக்கு மேலாக விண்ணில் செயல்பட்டது; டோக்கியோவில் நடைபெற்ற ஒலிம்பிக் விளை யாட்டுகளை அமெரிக்காவில் நேரடித் தொலைக்காட்சி மூலம் காண உதவியது. அடுத்த சில ஆண்டுகளில், பல நாடுகளின் நிறுவனங்களும், பன்னாட்டு அமைப்புகளும், புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் கோள்களின் அரிய ஆற்றலை அறிந்து, அவற்றை நடைமுறையில் பயன்படுத்தத் துவங்கின.

புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை என்பதைச் சற்று பார்ப்போம். ஒரு கோள் புவியை சுமார் 36,000 கி.மீ உயரத்தில் (35,781 கி.மீ. என்று துல்லியமாகவும் குறிப்பிடுகிறார்கள்),

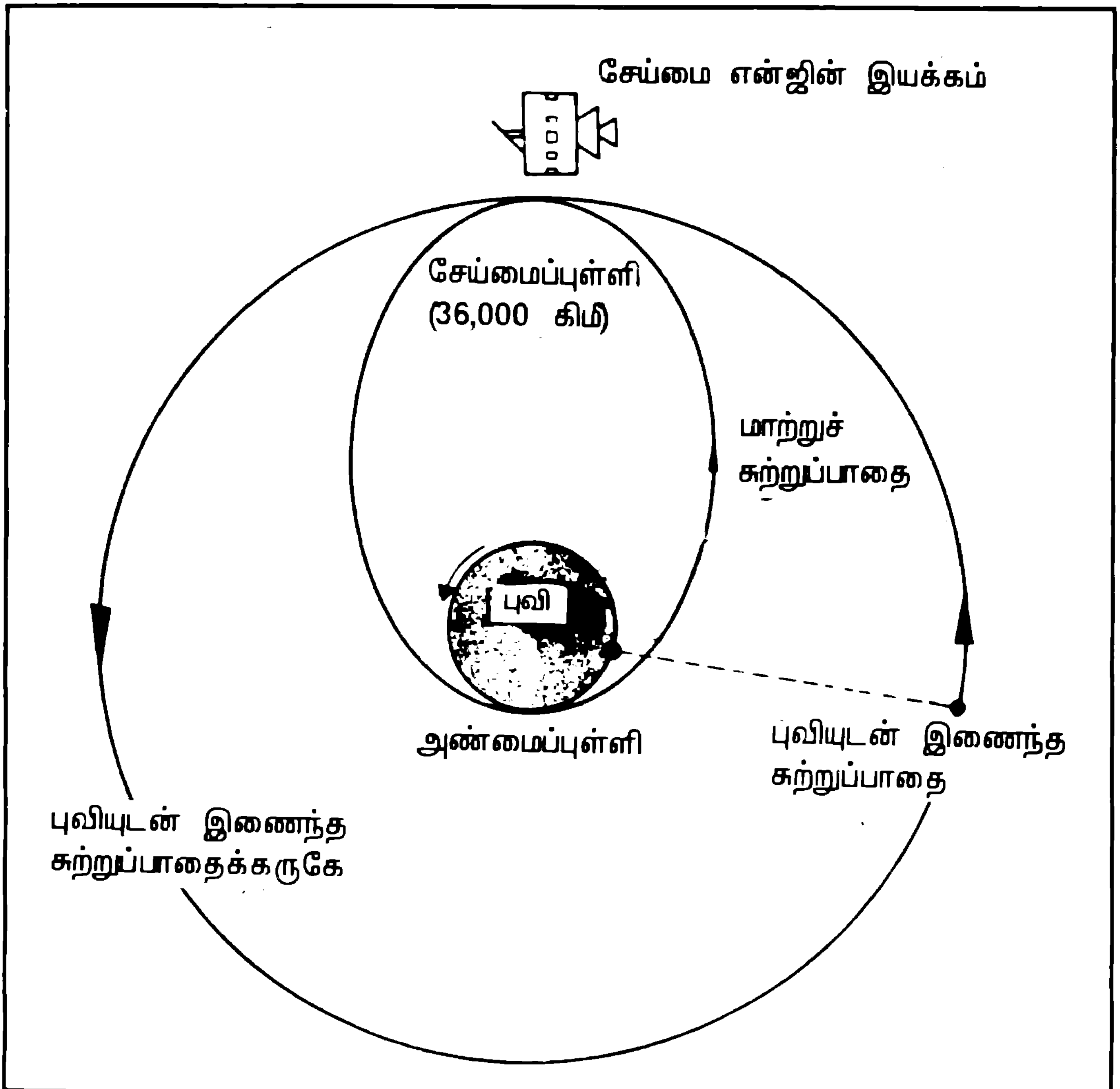
நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேல் மணிக்கு 11,088 கி.மீ. வேகத்தில் (அல்லது 3.08 கி.மீ. வினாடிக்கு) புவியுடன் இணைந்து சுற்றும். அப்பொழுது புவி தன்னைத்தானே தனது அச்சிலே மணிக்கு 1674கி.மீ. (அல்லது வினாடிக்கு 465 மீட்டர்) வேகத்தில் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும். கோளும் புவியைப் போல் கிழக்கு திசை நோக்கிச் சுற்றிவர வேண்டும். அது மட்டுமல்ல; அச்சுற்றுப்பாதையின் சமதளம், புவியின் நிலநடுக்கோட்டின் சமதளத்துடன் (0° சாய்வுக்கோணத்தில்) ஒருங்கிணைய வேண்டும். கோளின் வேகமும் புவியின் வேகமும் இணைந்து இருப்பதால், அக்கோள் புவியுடன் இணைந்த கோள் என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

சுற்றுப்பாதையை ஒருமுறை வலம்வர, புவியைப் போலவே, கோளிற்கும் சுமார் 24 மணிநேரம் தேவைப்படும். கோள் செல்லும் சுற்றுப் பாதையின் நீளம் 2,65,000கி.மீ. புவியின் மையத்திலிருந்து அக்கோள் 43,158கி.மீ. (35,780 + 6,378 கி.மீ)— நிலநடுக்கோட்டின் ஆரம் உட்பட, தொலைவில் இயங்கும். இத்தகைய மூன்று கோள்களை, முறையே அட்லாண்டிக், பசிபிக், இந்தியப் பெருங் கடல்களுக்கு மேலாக விண்வெளியில் நிறுத்தினால், உலகில் பெரும் பாலும் எல்லா இடங்களையும் தகவல் தொடர்புகளால் இணைத்து விடலாம் என்று அறிந்தனர்.

மாற்றுச் சுற்றுப்பாதை

புவியுடன் இணைந்துள்ள சுற்றுப்பாதையை அடைய சிக்கனமான முறை ஒன்றைக் கண்டுபிடித்தனர். ஒரேமூச்சில் ஒரு பந்தை மலை மேல் உள்ள ஒரு இடத்திற்கு எறிவதற்குப் பதிலாக, ஒரு இடம்வரை முதன்முறையில் எறிந்து, பின் அங்கிருந்து மீண்டும் எறிந்தால், துவக்கத்தில் பெரிய ஆற்றல் தேவைப்படாது. இதுபோல, நேரடியாக இறுதியான சுற்றுப்பாதைக்குச் செல்லாமல், கோளை முதற்கண் புவிக்கருகே செல்லும் "மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில்" செலுத்து கின்றனர். இந்தச் சுற்றுப்பாதை புவிக்கு மிக அருகில் சுமார் 250 கி.மீ. தொலைவிலும், மிகவும் தள்ளி (சேய்மையில்) சுமார் 35,800 கி.மீ தொலைவிலும் (இறுதிச் சுற்றுப்பாதைக்கருகே) செல்லும் (படம் 8). சேய்மைப் புள்ளியை (சுமார் 36,000 கி.மீ) அடைந்த தருணத்தில், கோளில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சேய்மை ஏவு கணையை வானொலிக் கட்டளைமூலம் இயக்குகின்றனர். இந்த ஏவுகணை கோளை மீண்டும் வேகமாக உந்தி, அந்த விசையால் முட்டைவடிவில் உள்ள தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையை, வட்டமாக்கி

சுமார் 36,000 கி.மீ. உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்லுகின்றது. இந்தச் சேய்மைப் புள்ளியில் கோளை உந்த மிகக் குறைந்த அளவில் விசையை அதிகரித்தால் போதும் என்றும், அதனால் கோளில் ஏவுகணையின் எரிபொருள் அவசியத்திற்கு மேல் செலவாகாது என்றும், கட்டுப்பாட்டு பணிக்கு எரிபொருள் பயன்படும் என்றும் அறிந்துகொண்டனர். இம்முறை 1925இல் ஆப்ஃமென் (Hohmann) என்ற வல்லுநரின் அறிவுரைப்படி அமைக்கப்பட்டது. இரு வட்டமான சுற்றுப்பாதைகளும் சேர்ந்துள்ள வளைபாதை, இரு வட்டங்களுக்கும் தொடுகோடாக இருப்பின், அங்குள்ள கோளிற்கு,



படம் 8. புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையை அடையுமுன், கோள் ஒரு மாற்றுச்சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில், இரு சுற்றுப் பாதைகளும் சந்திக்கும் புள்ளியிலிருந்து, உயர்ந்த சுற்றுப் பாதையை அடைய, மிகக் குறைந்த அளவிற்குக் கோளின் உந்துவிசையை அதிகரித்தால் போதுமானது.

வட்டவடிவில் இயங்க மிகக் குறைந்த விசை மாற்றம் தேவைப்படும் என்று அவர் கூறினார்.

புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் கோள் ஏவுகணையிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டபின், மாற்று சுற்றுப்பாதையில் விடப்படுகின்றது. (ஷட்டில் என்ற அமெரிக்க விண்கலன்கூட கோளை விண்ணில் விடலாம்). சேய்மை என்ஜினை இயக்குவதற்கு முன் பல நுட்பமான கணக்குகளைப் போட்டு சுற்றுப்பாதையைச் சரி பார்க்கின்றனர். சுற்றுப்பாதையில் மூன்றுமுறை சென்றபிறகே (பத்து முறைகூட செல்லலாம்), சேய்மை ஏவுகணையை இயக்குகின்றனர். இம்முறையில் சிறிய கோளாறு ஏற்பட்டாலும், கோள் சீர்குலைந்த மாற்றுப் பாதையில் சென்றுவிடும். உதாரணமாக, இந்தியாவின் ஜீ.எஸ்.எல்.வி. (GSLV) ஏவுகணை அது எடுத்துச் சென்ற 'ஜீசாட்' (G-SAT) என்ற கோளை வினாடிக்கு 10.2கி.மீ. வேகத்திற்குப் பதில், 0.6 விழுக்காடு குறைவான வேகத்தில் செலுத்தியதால், கோள் 24 மணிநேரத்திற்கு ஒருமுறை புவியுடன் சுற்றாமல், சுமார் 23 மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை சுற்றியது. இதனால் எல்லா நாட்களிலும், எப்பொழுதும், கோளை நம் நாட்டிலிருந்து தொடர்புகொள்ள முடியவில்லை.

சேய்மை என்ஜின்

சேய்மை என்ஜினின் திறனும், வலுவும் அது செய்ய வேண்டிய பணியையும், எடுத்துச் செல்ல வேண்டிய எடையையும் பொருத்து அமைகின்றன. இதில் ஒரு நுணுக்கம் என்னவென்றால், மாற்று சுற்றுப்பாதையில் கொண்டுசெல்லப்படும் எடைமுழுவதையும் இணைப்புச் சுற்றுப்பாதைக்கு எடுத்துச் செல்ல முடியாது. மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் எடுத்துச்செல்லும் எடையில் ஐந்தில் ஒரு பங்கைத்தான் மேலே எடுத்துச் செல்ல இயலும். உதாரணமாக, அமெரிக்க ஏவுகணை, டெல்டா 3914 மாற்று சுற்றுப்பாதையில் 2500 கிலோ எடையை சுமந்து சென்றாலும், கடைசியாக புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் 440 கிலோ எடையைத் தான் சேர்க்கின்றது. ரஷ்யாவின் ஏ2 சோயூஸ் ஏவுகணை 7500 கிலோ எடையுள்ள பொருட்களை எடுத்துச் சென்று, 1100 கிலோ எடையைத்தான் இறுதியாகக் கொண்டு செல்லுகின்றது. மேலும், ஐந்தில் ஒரு பகுதி எடையை இறுதியாக எடுத்துச் செல்ல வேண்டு மானால், அந்த ஏவுகணை புவியின் நிலநடுக்கோட்டிலிருந்தே புறப்படவேண்டும். அப்பொழுதுதான், புவி கிழக்கு நோக்கிச்

சுற்றும்போதுள்ள இயற்கை விசை முழுவதும் கோளை உந்தக் கிடைக்கும். (சில ரஷ்ய ஏவுகணைகள் புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப் பாதையில் நேரடியாகவே கோள்களைச் செலுத்துகின்றன.)

ஐரோப்பிய அரியான் ஏவுகணையில் உள்ள சேய்மை என்ஜின் இருமுறை இயங்கி இரு கோள்களைச் செலுத்தியுள்ளது. ஒவ்வொரு கோளின் இறுதி இடத்தை அடைய பற்பல கணக்குகள் தேவைப்படுகின்றன.

இன்சாட்-1B அமெரிக்காவின் ஷட்டில் கலனிருந்து விண்ணில் மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தப்பட்டது. அதற்கான சுழலும் ஏவுகணைப் படிவம் ஒன்றைப் பொருத்தினர். இம்முறை சரியாக அமைவது கடினம். உதாரணமாக, விவரங்களை அறிவிக்கும் அமெரிக்க கோள் ஒன்று தவறான சுற்றுப்பாதையில் சென்றுவிட்டது. அநேகமாக மூன்று மாதங்கள் விண்ணில் அலைந்த அந்தக் கலன், படிப்படியாக உயர்த்தப்பட்டது. புவியின் நிலநடுக் கோட்டின் மேல் 35,577 கிமீ. உயரத்தில் பிரேசில் நாட்டிற்கு மேலே நிறுத்தப்பட்டது.

புவி கதிரவனை மறைத்துவிடும் பொழுது புவியுடன் இணைந்து செல்லும் கோள் கதிரவனிடமிருந்து மறைக்கப்படுகிறது. ஒரு ஆண்டில் சம இரவுப்பகல் நாட்களுக்கு அருகில் தொடர்ந்து 45 நாட்கள் இம்மாதிரி மறைவை உண்டாக்குகின்றது. நாள் ஒன்றுக்கு 10 முதல் 72 நிமிடங்கள்வரை கதிரவனின் கதிர்வீச்சைப் பெறாததால், கோளில் உள்ள மின்கலன்கள் கோளிற்குத் தேவையான மின்சாரத்தை அளிக்க வேண்டி வரும்.

கதிரவனின் தலையீடு

இலையுதிர் காலத்திலும், இளவேனிற்காலத்திலும் தோன்றும் சம இரவுப்பகல் நாட்களுக்கிடையுள்ள ஆறுமாத காலத்தில், ஆண்டிற்கு இருமுறை, நிலமையத்துடன் தொடர்பு கொள்ளும் அலை பரப்பியின் ஒளிபாதைக்கு நேராகக் கதிரவன் வருவதால், தகவல் தொடர்புகள் சீர்குலைகின்றன. ஒரு ஆண்டில் ஒட்டுமொத்தமாக 23 நிமிடங்கள் இந்த இணைப்பு இல்லாமல் இருக்கலாம். அப்பொழுது புவியை நோக்கும் உணர்வி நேரடியான கதிரவன் ஒளியால் பார்க்க முடியாமல் போகலாம். ஆகவே, அத்தகைய (முன்கூட்டியே அறிந்த) தருணங்களில், ஒரு உணர்வியை மூடிவிடுகின்றனர்.

இன்சாட்-1A ஒரு எதிர்பார்க்காத நிலையில் சிக்கியது.

கதிரவனின் தொடர்ந்த ஒளித்தடுப்பு காரணமாக ஒரு உணர்வியை மூடியதும், எஞ்சியுள்ள ஒரே புவி உணர்வியின் மீது முழு நிலாவின் ஒளிவிழும் என்று கணிப்பான்கள் முன்கூட்டியே அறிவிக்க வில்லை. ஆகவே, அந்த உணர்வியும் மூடப்பட்டது. இதனால் கோள் புவியுடன் கொண்ட தொடர்பை இழந்தது. கோள் தானே 'மிதந்து' விலகிச் செல்ல ஆரம்பித்தது. கோள் புவியை நோக்கி சற்றே வேறு பாதையில் சென்றதால் முழுநிலா உள்ளே வந்தது. நிலைகொள்ளாத அக்கோள் நிலமையத்திலிருந்து அனுப்பிய திருத்தங்களை ஏற்க இயலாது போயிற்று.

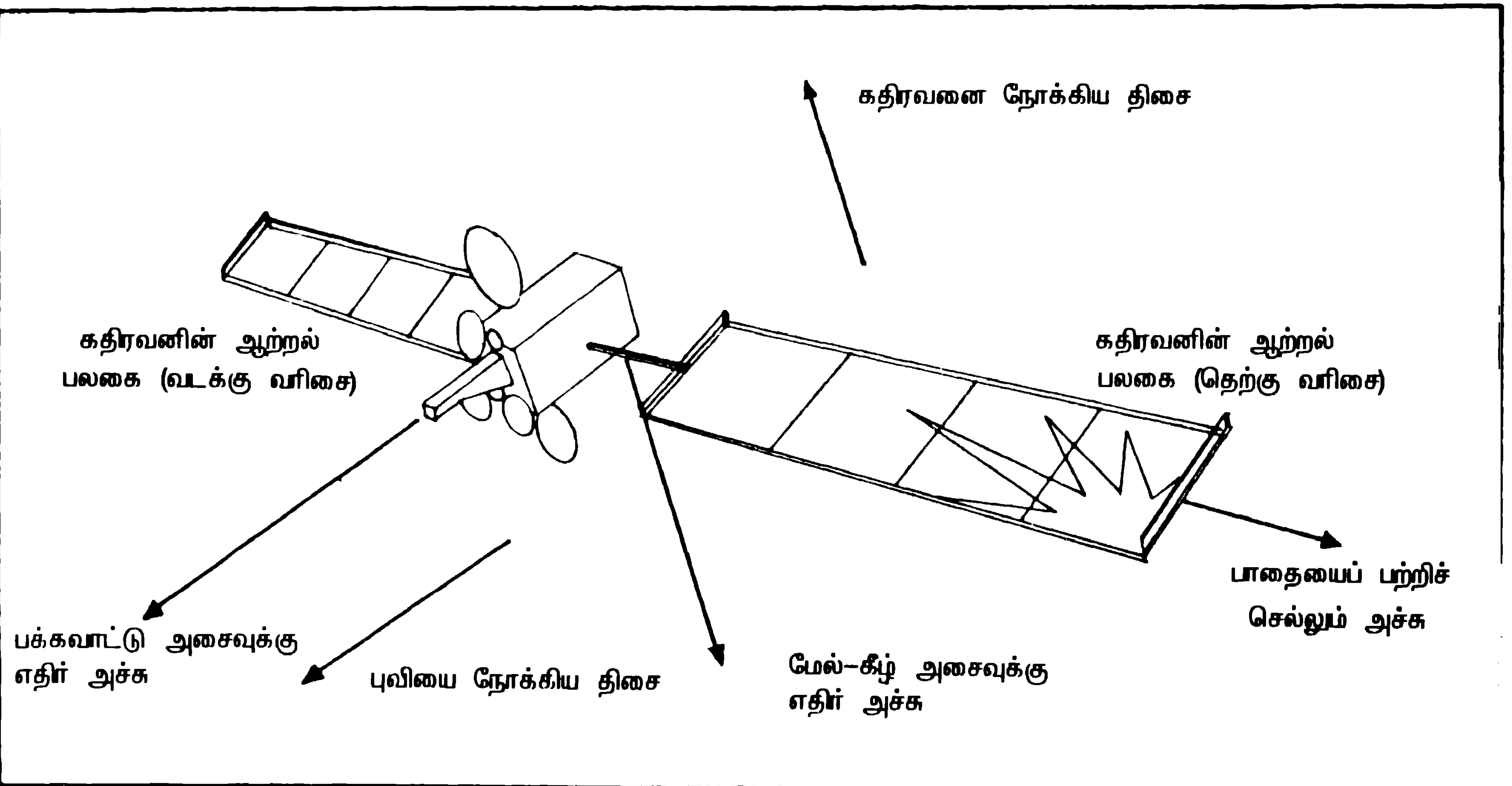
சுற்றுப்பாதையில் நிலைப்பு

புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் அதன் கோளின் அசைவுகளைக் கட்டுப்படுத்தாவிட்டால், அது அனுப்பும் தொலைக்காட்சி களையோ, வேறு தகவல்களையோ சரியாகப் பெற முடியாது. ஆகவே கோளை உறுதி சமநிலையில் வைக்கின்றனர்.

ஒரு பீப்பாய் வடிவத்தில் உள்ள கோள் ஒரே சமமாய் சுழன்று, இயற்கையின் விதிகளால் பயன்பெற்று, சுற்றுப்பாதையில் நிலையாக நிலைக்கலாம். புவியிலிருந்து குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குக் கீழ் வராத வரை, அது சுற்றுப்பாதையிலேயே சென்று கொண்டிருக்கலாம்.

ஒரு கோள் சுருட்டு போன்ற வடிவமாக இருந்தால், சுற்றாத ஒரு தளத்தை சேர்த்துக் கொள்ளலாம். உறுதி சமநிலையைப் பெற, ஒரு நிமிடத்திற்கு 60 முறை கோள் சுழன்றால், புவியை நோக்கிய அலைசெலுத்தும் கருவி உள்ள கோளின் மேல்பாகம் சுற்றாமல் இயங்கும்.

பெட்டி வடிவமாக உள்ள கோள்களை நிலையாக வைக்க மூன்று அச்சு நிலைப்பு முறை கையாளப்படுகிறது. இம்மாதிரியான கோள்களுக்குப் பெரிய அளவில் கதிரவனின் கதிர்வீச்சுப் பலகை களைப் பொருத்த இத்தகைய முறை உதவுகின்றது. அந்த மூன்று அச்சுகளானவை; உருளும் அச்சு: இது கோளை அது செல்ல வேண்டிய பாதையில் நிலைப்படுத்தும்; மேலுங்கீழும் செல்லும் அச்சு: இது கோளை மேலும் கீழும் செல்லும் திசையில் நிலைப் படுத்துகின்றது; உருளும் அச்சிற்கு நேர் செங்குத்தாக பொருத்தப் படுகின்றது; நேராகச் செல்லும் அச்சு: இது இதர அச்சுகளுக்கு நேர் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டு, கோளின் மின் அலைகளை செலுத்தும் கருவிகளையும், உணர்விகளையும் புவியை நோக்குமாறு கோளை (தேவையானால்) திருப்பி விடுகின்றது. இக்கோளின்



படம் 9. மூன்று அச்சுகளால் நிலைப்பு அடைந்த கோள். இத்தகைய கோள் மேல்-கீழ் திசையிலும், பக்கவாட்டிலும், கோள் செல்லும் திசையிலும், அசையாது செல்லும்.

உருளும் அச்சு, புவியுடன் இணைந்து அதன் பாதையில் செல்லு மாறு இயங்குகின்றது. (படம் 9) இந்த அச்சில் கோள் சுழன்றால், கோளில் உள்ள மின் அலைகளை புவிக்கு அனுப்பும் பரப்பிகள் வடக்கு தெற்கு என்ற திசையில் அசையும். மேலும் கீழும் செல்லும் அச்சு புவியின் சுழல் அச்சுடன் இணைந்துள்ளதால், அந்த அச்சின்மீது தோன்றும் சலனங்கள் கிழக்கு மேற்கு திசையில் அலை பரப்பிகளை ஊஞ்சலாடச் செய்யும். இன்னொரு அச்சு புவியின் மையத்தை நோக்கி வைக்கப் பட்டிருப்பதால், அந்த அச்சின் அசைவுகளுக்கேற்பக் கோளின் புவிப் "பார்வை" சரிப்படுத்தப் படும். (அலை பரப்பி ஒளி மட்டுமன்றி, ஒலியையும், தகவல் தொடர்புக்கான மின் அலைகளையும் பரப்பும்). புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையை அவ்வப்பொழுது திருத்தாமல் விட்டுவிட்டால், 0°லிருந்து 15°வரை வடக்கு தெற்கு திசைகளில் முறையே 26.5 ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை கோள் விலகிச் செல்லும்; அப்பொழுது சுற்றுப்பாதையின் வடிவம் எண் எட்டைப்போல் அமையும். இதேபோல, கிழக்கு-மேற்கு திசைகளிலும் குறிப்பிட்ட சில நெடுக்குக்கோடுகளிடையே (75° கிழக்கு — 105° மேற்கு) நகர்ந்து செல்லும். இதற்கு மூலகாரணம், நிலநடுக்கோட்டுடன் இணைந்துள்ள சுற்றுப்பாதை ஒரு சரியான வட்டமன்று; அது ஒரு நீள்வட்டமே.

நிலைநிறுத்தும் சக்கரங்கள்

கோளின் அச்சுகள் சரியான நிலையில் இருக்க, கதிரவனும், புவியும் உள்ள இடங்களை எப்பொழுதும் நன்கு அறிந்து கொள்ள வேண்டும். வேண்டிய திசையைவிட்டு விலகினால், வினை விசை கட்டுப்பாட்டு முறையைப் பயன்படுத்தி பிழையைத் திருத்தலாம்.

ஒரு கோளின் நிலைப்பைக் கலைக்க பல இடையூறுகள் ஏற்படலாம். புவியின் காந்த வயலின் வேண்டாத வினைகள், புவியின் ஈர்ப்பு விசை, எஞ்சியுள்ள காற்றுவெளி, கதிரவனின் கதிர்வீச்சு போன்ற பல, கோள்களின் நிலையை மாற்றலாம். இவற்றால் தோன்றும் முறுக்கு விசைகளில் பெரும்பாலானவை கோள் ஒரு சுற்றுப்பாதையை முடிப்பதற்குள்ளேயே உயர்ந்தும் தாழ்ந்தும் மாறலாம். இடையூறுகளை இரு விதங்களில் சமாளிக்கலாம். ஒன்று, கட்டுப்படுத்தும் ஏவுகணைகளைப் பயன் படுத்துவது. மற்றொன்று, வினை விசையை அளிக்கும் சக்கரங் களை உபயோகிப்பது. கட்டுப்படுத்தும் ஏவுகணைகளைப் பயன்

படுத்தினால், கலனில் உள்ள எரிபொருள் செலவாகும். அந்த எரிபொருள் தீர்ந்து போனால், கோளைக் கட்டுப்படுத்துவது கடினம்; அதன் வாழ்நாள் குறையும். மேலும், அதிக எரி பொருளைக் கொண்டுசென்றால், காமிரா போன்ற பொருள்களின் எடையைக் குறைக்க வேண்டிவரும். ஆகவே, வினைவிசையை அளிக்கும் சக்கரங்களை முதற்கண் பயன்படுத்துகின்றனர்.

வினை விசை சக்கரம் சுழலும்பொழுது, நியூட்டனின் மூன்றாவது விதிப்படி, கோளைத் தாக்கும் விசைக்கு சமமாகவும், எதிராகவும் முறுக்கு விசையை அளிக்கின்றது. சக்கரம் வேகமாகச் சுழன்றால், அதனால் தோன்றும் கோண உந்தம், கோளில் அதற்கு எதிராகச் சுற்றும் அச்சிற்கு மாற்றப்படுகின்றது. சக்கரத்தின் வேகத்தைக் குறைத்தால், கலனின் சுழற்சி நேர் எதிராக மாறுபடு கிறது. மூன்று சக்கரங்கள் கோளின் நிலைப்பிற்காக உள்ள மூன்று அச்சுகளைக் கட்டுப்படுத்த பொருத்தப்பட்டுள்ளன. நான்காவது சக்கரம் வேண்டிவந்தால் பயன்படுத்தவும், இதர சக்கரங்களில் ஏதாவது ஒன்று தோல்வியுற்றாலும் அதன் பணியைச் செய்யுமாறும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வழக்கமாக, இச்சக்கரங்கள் நிமிடத்திற்கு 2,500 முறை சுழலுகின்றன. மூன்று அச்சுகளையும் இந்தச் சக்கரங்கள் கட்டுப்படுத்தினால், அதை சுழி உந்த நிலைப்பு முறை என்று அழைக்கின்றனர்; ஏனெனில், அம்முறையில் வேண்டாத உந்த நிலையை அறவே நீக்கிவிடுகின்றனர்.

உதாரணமாக, ஐ.ஆர்.எஸ்.-1A (IRS-1A) கோளில், உருளும் அச்சோ, மேலும் கீழும் செல்லும் அச்சோ 0.1° விலகிச் சென்றால், படம் பதிவுசெய்ய வேண்டிய இடம் சுமார் 1.5 கி.மீ தள்ளிப் போய்விடும். ஆனால் அக்கோளின் திறன் 0.1° என்ற அளவில் ஒரு இடத்தைச் சுட்டிக் காட்டுகின்றது. அடுத்த தலைமுறைக் கோள்களில் (உதாரணமாக, IRS–1C) இத்திறன் வெகுவாக வலுப் படுத்தப்பட்டு, 0.01°-0.03° என்ற அளவில் அதன் நோக்கும் திறன் துல்லியமாக அமைக்கப்பட்டது. புவிக்கருகே உள்ள கோள்களில் வினைவிசை சக்கரங்கள் வைப்பதுபோல, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும்பாதையில் செல்லும் கோள்களில் உந்துவிசை சக்கரங்கள் உள்ளன. ஒரு குழந்தையின் பம்பரம் சுற்றும்பொழுது, பம்பரம் சீராக நிற்பதுபோல், உந்துவிசையினால் கோளின் அச்சு சுழன்று கொண்டே நிலையாக நிற்கும். வினைவிசை சக்கரங்களைவிட உந்துவிசை சக்கரங்கள் பெரிது, கனமும்கூட; அவற்றை இயக்க அதிக மின்விசையும் தேவைப்படும். அவை நிமிடத்திற்கு 6,000-12,000முறை சுழலும். உதாரணமாக, இன்சாட்–2இல் இரு உந்துவிசை

சக்கரங்களும், ஒரு வினைவிசை சக்கரமும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. சாதாரணமாக, இரு உந்துவிசை சக்கரங்களும் ஒரே சமயத்தில் இயக்கப்படுகின்றன. அவை மேலும் கீழும் செல்லக் கூடிய அச்சிற்கு உந்துவிசையை அளித்து, கோளை ஆடாமல் ஒரு நிலை பெற உதவுகின்றன. இதனால், கோளின் சுட்டிக்காட்டும் திறன் துல்லியமாக 0.2°-0.4° என்ற அளவில் அமைகின்றது. உந்துவிசைச் சக்கரம் எப்பொழுதும் ஒரே திசையில்தான் சுழலும். ஆனால், வினைவிசைச் சக்கரம் இரு திசைகளிலும் சுழலும்.

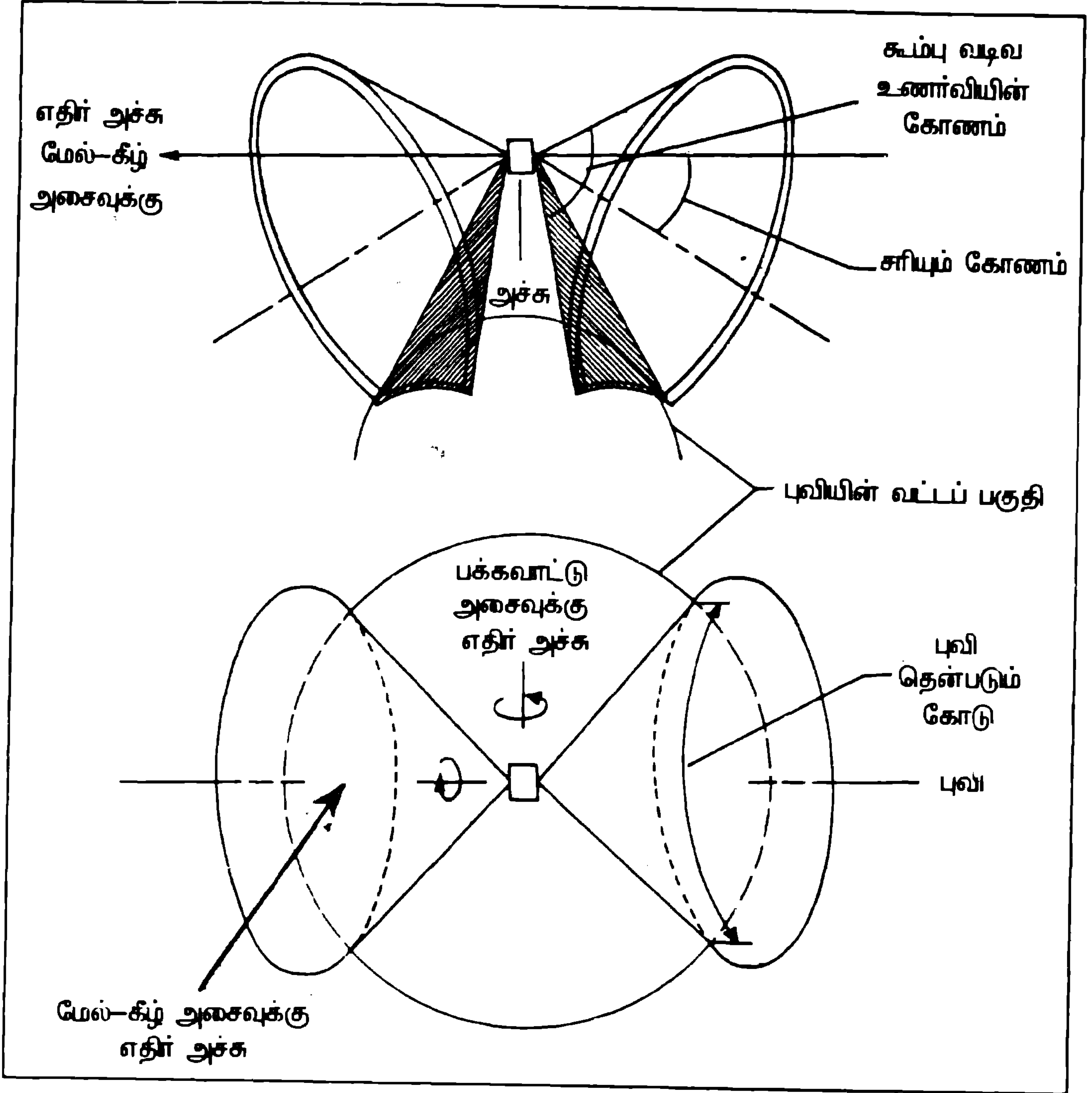
கோளை நிலையாக இயக்கத் தேவையான உந்துவிசை அதிகரித்தால், கோளின் கணிப்பான்கள் சரிப்படுத்த வேண்டிய விசையை கணித்து, காந்த சுருள்களால் காந்த முறுக்கு விசையைக் கொடுத்து, தேவைக்கு அதிகமான விசையை வெளியேற்றும். மேலும் அதிக விசை நீடிக்குமானால், நீர்ம எரிபொருள் கொண்ட சிறிய ஏவுகணைகளை இயக்கி, அவற்றின் விசையினால் சுற்றுப் பாதையின் உயரத்தை மாற்றியோ அல்லது கோளின் சாய்வை சரிசெய்தோ பிழைகளைத் திருத்த இயலும்.

கதிரவன், புவி உணர்விகள்

ஒரு கோள் தனது பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்வதைக் கண்டு பிடிக்க, புவியும் கதிரவனும் உள்ள இடங்களை ஆதாரமாகக் கொள்கின்றனர். அவற்றை சரியாக அறிய கோளில் உள்ள புவி உணர்வியும், கதிரவனைக் காணும் உணர்வியும் உதவும். விண்மீன் களைக் கண்டும் இப்பணியை மேற்கொள்ளும் அமைப்பு உள்ளது.

புவிக்கு அருகே செல்லும் கோளின் புவி உணர்வி, தான் நோக்கும் பாதையில் புவி குறுக்கிடும்பொழுது, விண்வெளிக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள வெப்ப மாறுபாட்டை உணர்கின்றது. விண்வெளியின் வெப்பம் 3K (கெல்வின்); ஆனால் புவியின் வெப்பமோ 300K ஆக இருக்கின்றது. (படம் 10)

புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் கோளின் உணர்வி புவியின் அடிவானத்தின் அகச்சிவப்பு ஒளியைக் கண்டுபிடிக்கிறது. கதிரவனைக் காணும் உணர்வி, கதிரவன் எந்தக் கோணத்தில் உள்ளது என்பதை கோளின் அச்சுகளை ஆதாரமாக வைத்துக் கணக்கிடுகின்றது; கதிரவனின் வெப்பத்தை ஈர்த்து மின்விசையை அளிக்கும் பலகைகளை, கோள் எத்திசையை நோக்கிச் சென்றாலும், கதிரவனைக் கண்டுகொண்டே இருக்குமாறு சுழலவும் உதவுகின்றது. விண்மீன்களை நோக்கும் உணர்விகள், புவி



படம் 10. கூம்பு வடிவ புவி உணர்வி: புவியின் தொடுவானத்தைக் கடக்கும்பொழுது, புவிக்கும் இருண்ட விண்வெளிக்கும் இடையே உள்ள ஒளிமாறுதலை கண்டுகொள்கின்றது. இதனால், புவி உள்ள இடத்தை நோக்கிக் கோள் செல்கின்றது.

உணர்விகளின் சிறிய பிழைகளை சரிசெய்ய உதவும். இத்தகைய பல்வேறு உணர்விகள் நம் நாட்டிலேயே செய்யப்படுகின்றன. புவியின் ஒளிபடும் அரைப் பகுதியையும், இருளில் உள்ள மற்றொரு பகுதியையும் பிரிக்கும் 'வளைவை' பின்பற்றி சில கோள்கள் தங்களது இடத்தை சரிபார்த்துக் கொள்ளும்.

புவியின் மையத்திலிருந்து கோளை இணைக்கும் (கற்பனை) கோட்டைப் பின்பற்ற சுழல்நோக்கிகள் பயன்படுகின்றன. அவை கோளின் அச்சை நகர்த்த முயலும் எந்த முறுக்கு விசையையும் எதிர்த்து சமாளிக்கும். கோளை அசங்காது 'நிற்கச்' செய்யும். சுழல் நோக்கியின் சுழலும் பொறுண்மை நகர்ந்தால், திசை வேகத்தையும்

மாறுபட்ட கோணத்தையும் அளவிடலாம். இதைக்கொண்டு கோளை செல்ல வேண்டிய வழிக்குக் கொண்டுவர இயலும். சுழல் நோக்கி துல்லிய அளவுடைய பந்துகளின் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சுழல்நோக்கி சுமுகமாக இயங்கத் தேவையான நீர்மப் பொருளும் மூன்று ஆண்டுகள் நீடிக்கும் அளவிற்கு வைக்கப்படும். தேவையற்ற சலனங்களிலிருந்து விடுபட, அதற்கென்று உள்ள சட்டங்களில் அவை பொருத்தப்படும். நிமிடத்திற்கு 6,000 முறை சுற்றும் சுழல்நோக்கி பம்பரம்போல் நிலைத்து கோளின் திசையையும் ஒரே நிலையில் நிறுத்தும்.

ஒரு கோளின் பயனுள்ள வாழ்வு அதில் வைக்கப்படும் எரிபொருளைப் பொறுத்து அமையும். கோள் தனது பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்வதைத் தடுக்கத் தேவையான எதிர் விசையை உண்டாக்க எரிபொருள் தேவைப்படுகிறது. வடக்கு-தெற்கு திசையில் அசையாத நிலைப்பு ஏற்பட, கோளின் திசை வேகத்தை அவ்வப்பொழுது அதிகரிக்க வேண்டும். அவ்வாறு வினாடிக்கு 500 மீட்டர் அதிகரிக்க, (கோளின் பயன் ஏழு ஆண்டு காலம் நீடிக்க வேண்டுமென்றால்) 200 கிலோ ஹைட்ரசைன் (Hydrazine) தேவைப்படுகின்றது. இதனால், கோளின் குறிக்கோளுக்காகக் கொண்டு செல்லும் கருவிகளின் எடையைக் குறைக்க வேண்டி வரலாம்.

இன்சாட் சுற்றுப்பாதையை அடைந்த முறை

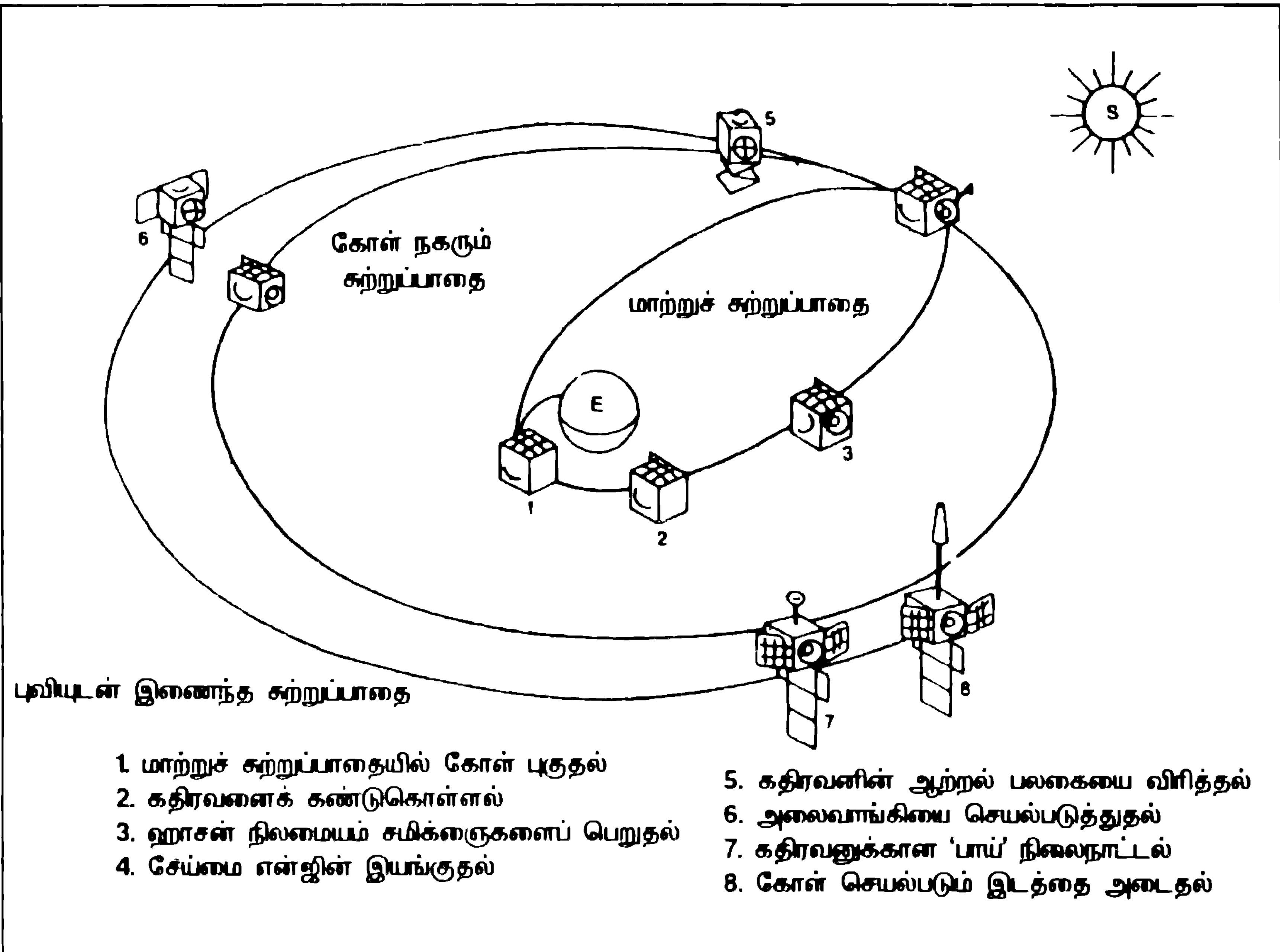
புவியுடன் இணைந்து சுற்றும்பாதையில் கோள் செலுத்தப்பட பல நூதன முறைகளைக் கையாளுகின்றனர். உதாரணமாக, இந்தியாவின் இன்சாட்-2E, 1999 ஏப்ரல் 2ம் தேதி அரியான் ஏவுகணையால் முதற்கண் புவிக்கு அருகே மாற்றுச் சுற்றுப் பாதையில் விடப்பட்டது. அங்கிருந்த கோள் சுற்றுப்பாதையை விட்டு உயரே சென்றது. மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையின் அண்மைத் தொலைவு (புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள) 250 கி.மீட்டராக (எதிர்பார்க்கப்பட்ட தொலைவைவிட 50 கி.மீ. அதிகமாக) இருந்தது. கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் புவியின் நிலநடுக்கோட்டிற்கு 4° சாய்வில் இருந்தது. (பொதுவாக 7° சாய்வு வருவது உண்டு.) இதனால், இறுதியாகக் கோள் அடையும் சுற்றுப்பாதையின் சாய்வு அநேகமாக 0° ஆகவும், அதன் வடிவு ஒரு நல்ல வட்டமாகவும் இருக்கும் என்று எதிர்பார்த்தனர். கோளின் எரிபொருள் இப்பணிக்காக செலவிடப்படவில்லை. கோளில் உள்ள சேய்மை

(புவிக்கு மிகவும் அதிகத் தொலைவில் உள்ள இடம்) ஏவு கணையை, நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேலே கோள் வந்தபின் செலுத் தினால், வேண்டிய உயரத்தையும், சாய்வையும் அதிக எரிபொருள் செலவின்றி அடையலாம் என்று கண்டுள்ளனர். (படம் 11)

நீர்ம எரிபொருள் கொண்ட சேய்மை ஏவுகணையை நான்கு நாட்களில் நான்குமுறை செலுத்தினர். ஒவ்வொரு முறையும் வெவ்வேறு கால வரைக்குள் செலுத்தி, அணமைத் தொலைவை 1979 கி.மீ.லிருந்து 35,276 கி.மீ. வரை உயர்த்தி, சுற்றுப்பாதையின் சாய்வை 0.11° ஆகக் குறைத்து, ஒரு சுற்றின் காலத்தையும் 11 மணி யிலிருந்து 23 மணியாக நீடித்தனர். சேய்மை ஏவுகணையை நான்காம் முறை இயக்கியபொழுது, 74.3° கிழக்கு நெடுங் கோட்டிற்கு மேல் இருந்த கோள், அங்கிருந்து ஒரு சுற்றுப்பாதைக்கு 1.75° வீதம் நகர்ந்து சென்றது. கோள் தங்கி இயங்கவேண்டிய 83° கிழக்கு நெடுங்கோட்டிற்கு மேல் வந்ததும், அதன் ஏவுகணையை இயக்கி, கோள் நகருவதை நிறுத்தினர். ஏப்ரல் 11ம் தேதி கோளின் கதிர் வீச்சுப் பலகை விரிக்கப்பட்டது. மூன்று அச்சு நிலைப்பைக்கோள் அடைந்தது. அதற்காக அதன் உந்து சக்கரங்கள் நிமிடத்திற்கு 4,800 முறை சுழன்று, வடக்கு-தெற்கு திசையில் மேலும்கீழுமாக இயங்கும் அச்சுப்பாதையில் போதிய கோண உந்துவிசையை அளித்தது. V போன்ற வடிவில் சக்கரங்களை வைத்திருப்பதால், கோள் உருண்டு செல்லவும், திசை திரும்பவும் உதவியது. இதர அச்சுக்களின் நிலைப்பும் திட்டமிட்டபடி அமைந்தது.

சக்கரங்களின் கோண உந்துவிசை வரம்பிற்கு மேல் சென்றால், கலனின் உள்ள சிறு ஏவுகணைகளை சில நிமிடங்கள் இயக்கி, இயல்பான சுழற்சிகளை மீண்டும் கொண்டுவரலாம். கோளின் தென்பகுதியில் உள்ள கதிர்வீச்சு பலகைகளின்மீது ஏற்படும் விசையை சமாளிக்க, கோளின் தலைப்பக்கத்தில் 'பாய்மரம்' என்று அழைக்கப்படும் ஒரு விரிப்பை அமைத்துள்ளனர். அதையும், அதைத் தாங்கும் கம்பியையும் கோளிலிருந்து வெளியே எடுத்துப் பொருத்தினர். ஏப்ரல் 15ஆம் தேதி கோளின் நிகழ்ச்சிக் கருவிகள் இயக்கப்பட்டு, 10 நாட்கள்வரை சோதிக்கப்பட்டன.

கோள் சேரவேண்டிய இடத்தை அடைந்தபிறகு, எஞ்சியுள்ள 400 கிலோ எரிபொருள், கோளின் சுற்றுப்பாதையில் சுமார் 13 ஆண்டுகள் இயங்க உதவும் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர். நிலநடுக்கோட்டிற்கும் கோளின் சுற்றுப்பாதைக்கும் கோண வேறுபாடு மிகக் குறைவாக (0.1°க்குள்) இருக்கும்படி பார்த்துக் கொள்வார்கள்.



படம் 11. மாற்றுச்சுற்றுப் பாதையிலிருந்து புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையை ஒரு கோள் அடையுமுன்பு வரிசையாக ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகள்.

அயராத கண்காணிப்பு

புவிக்கருகே மாற்று சுற்றுப்பாதையில் இன்சாட்–2E சேர்க்கப்பட்ட ஏழு நிமிடங்களுக்குப் பிறகு, கர்நாடக மாநிலத்தில் உள்ள ஹாஸன் என்ற ஊரில், இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனத்தின் தலைமைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையம் கோளுடன் தொடர்புகொண்டு, அதனைக் கட்டுப்படுத்தும் பணியை மேற்கொண்டது. இந்த நிலையத்தில் பல நில மையங்கள் பல கோள்களுடன் பணிபுரிகின்றன. ஒரு கோளின் நிலைபற்றி சுமார் 400 அளவீடுகளை கண்காணித்து வருகின்றனர். கோளின் நலம்பற்றிய தகவல்கள் எட்டு வினாடிகளுக்கு ஒருமுறை வந்துகொண்டே இருக்கும். கோளின் கட்டுப்பாடும், இயங்கும் கோணமும் நாள்முழுவதும் கண்காணிக்கப் படுகின்றன. கோளின் ஏவுகணைகள் சுமார் 80 நாட்களுக்கொரு முறைதான் இயக்கப்படுகின்றன.

தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் செல்லும் இந்தியக் கோள்களை பெங்களூரில் உள்ள கோள் கட்டளை மையம் கண்காணித்து வருகிறது. இதர கண்காணிப்பு நிலயங்களை, ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா, கார்நிகோபார், திருவனந்தபுரம் ஆகிய இடங்களில் பொருத்தியுள்ளனர். மொரிஷீயஸ் நாட்டில் நடமாடும் நிலையமும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பு ஒரேகாலத்தில், ஆறு விண்வெளிக் கோள்களையும், ஏவுகணைகள் ஏவப்பட்டபின் அவற்றின் துவக்கப் போக்கையும் கண்காணிக்கின்றது.

கோள் கட்டுப்பாடு நிலையத்தில் உள்ள விஞ்ஞானிகள் சுற்றுப்பாதைகளையும், கோள்களின் கோணங்களையும் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டு, கோள்கள் வரும் பாதையைச் சரிவர முன் கூட்டியே அறிவித்து, தேவையான திருத்தங்களையும் கோள்களுக்குச் செலுத்தி கண்கணித்து வருகின்றனர். ஒரு சுற்றுப் பாதையில் தோன்றும் சுமார் 1,000 சிறப்பு அம்சங்களைப் பதிவு செய்து, அவற்றில் 50 நிலைமாற்றவல்ல தகவல்களை உன்னிப்பாகக் கவனிக்கின்றனர். இதர நாடுகளில் (ரஷ்யா, ஜெர்மனி, அமெரிக்கா, தென்ஆப்ரிக்கா) உள்ள கோள்மையங்களின் உதவியை இந்திய விண்வெளிக் கட்டுப்பாட்டு நிறுவனம் நாடுகின்றது.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளையும், அதைச் செலுத்திய ஏவுகணையையும் கண்காணிக்க இந்தோனேசியாவில் பியாக் என்ற இடத்திலும், தெற்கு ஆசியாவில் புருனையிலும் இந்திய நில மையங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

சுற்றுப்பாதையை மாற்ற நிலாவைச் சுற்றுதல்; ஒரு புதிய முறை

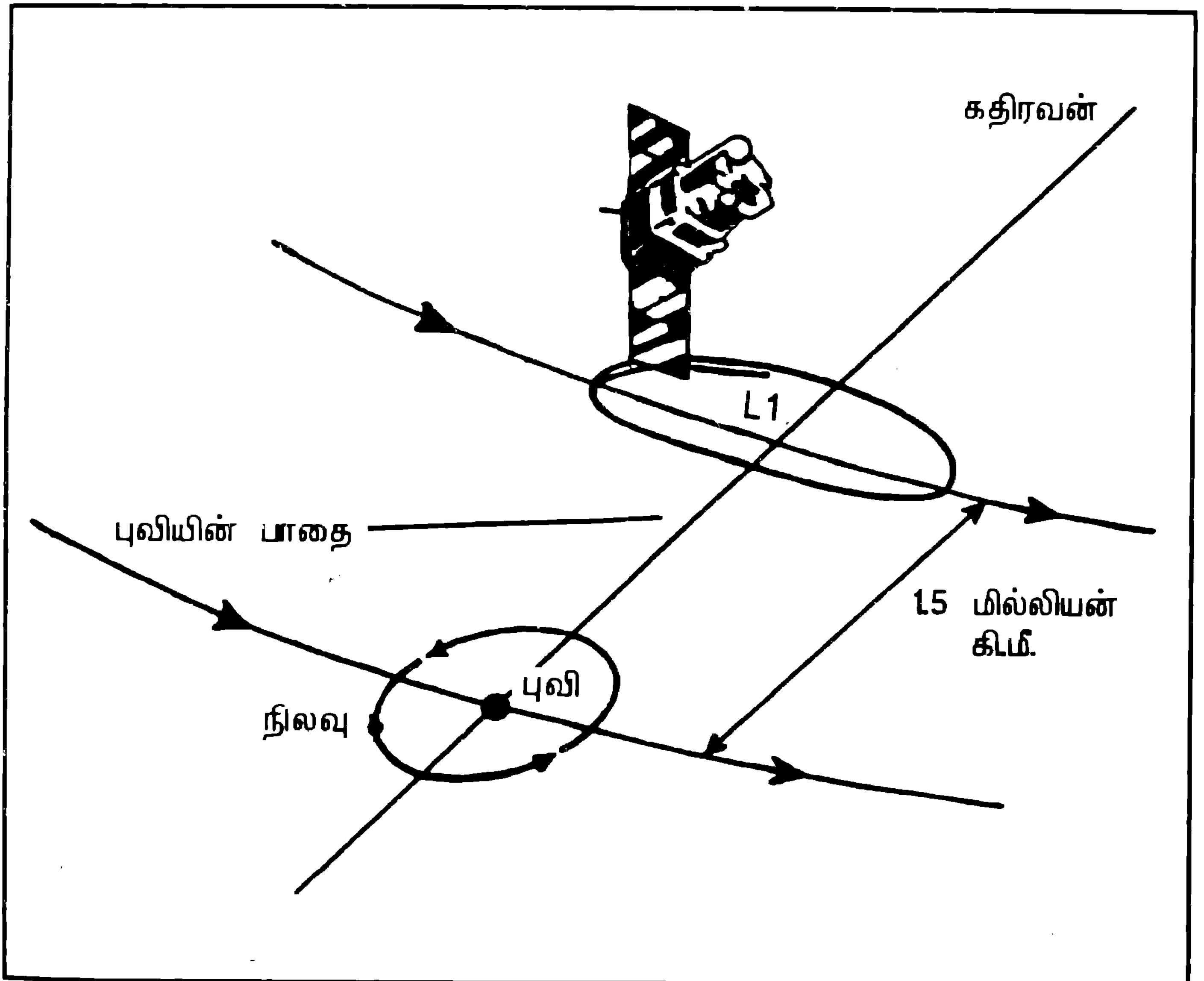
புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையின் பிழைகளைத் திருத்த ஒரு புதிய மீட்பு முயற்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது. 1997இல் (டிசம்பர்) ஏசியாசாட்-3 என்ற கோள் புரோட்டான் ஏவுகணையால் தவறான சுற்றுப்பாதையில் விடப்பட்டதால், கோளை இழந்துவிட்டதாகக் கருதினர். அக்கோளின் சுற்றுப்பாதை 51° சாய்வில் 36008 x 203 கி.மீ. என்ற தொலைவில் அமைந்தது. ஆனால் ஒரு புதிய முறைப்படி, 3,21,000 கி.மீ. வரை கோளை கொண்டுசென்று, நிலாவை சுற்றிவரச் செய்தனர். சுமார் 3½ நாட்களுக்குப் பிறகு கோள் புவிக்குத் திரும்பியதும், 11நாட்கள் பிடிக்கும் புதிய சுற்றுப்பாதையில், 40,000 கி.மீ. தொலைவில் கோளை இயங்கச் செய்தனர். பின்னர் அந்த உயரம் மெதுவாகக் குறைக்கப் பட்டது. கோளின் எரிபொருளில் சுமார் 43 விழுக்காடு இப்புதிய செயல்பாட்டிற்கு செலவழிந்து விட்டதால், கோளை ஒரே நிலையாக வைக்கப் போதிய எரி பொருள் இல்லாததால், கோளை சற்றே வடக்கு-தெற்கு திசையில் ஊசலாட விட்டனர். இதனால் கோளுடன் தொடர்புகொள்ள நில கண்காணிப்பு மையத்தின் அலைவாங்கி, கோளிருக்கும் திசையை நோக்கித் தானே சற்று அசைய வேண்டியதாயிற்று. குறிப்பிடத்தக்க இந்த வெற்றிக்குக் காரணம், மூன்று அச்சு சார்பில் நிலையாக நிற்க வேண்டிய கோள், தனது பாதையைத் திருத்தும்பொழுது, சுழன்று இயங்கி நிலைத்ததே ஆகும். மேலும், கோளின் உந்துவிசை முழுவதும் நீர்ம எரிபொருள் மூலமே சரிவரக் கிடைத்தது.

'ஒளிவட்ட' சுற்றுப்பாதைகள்

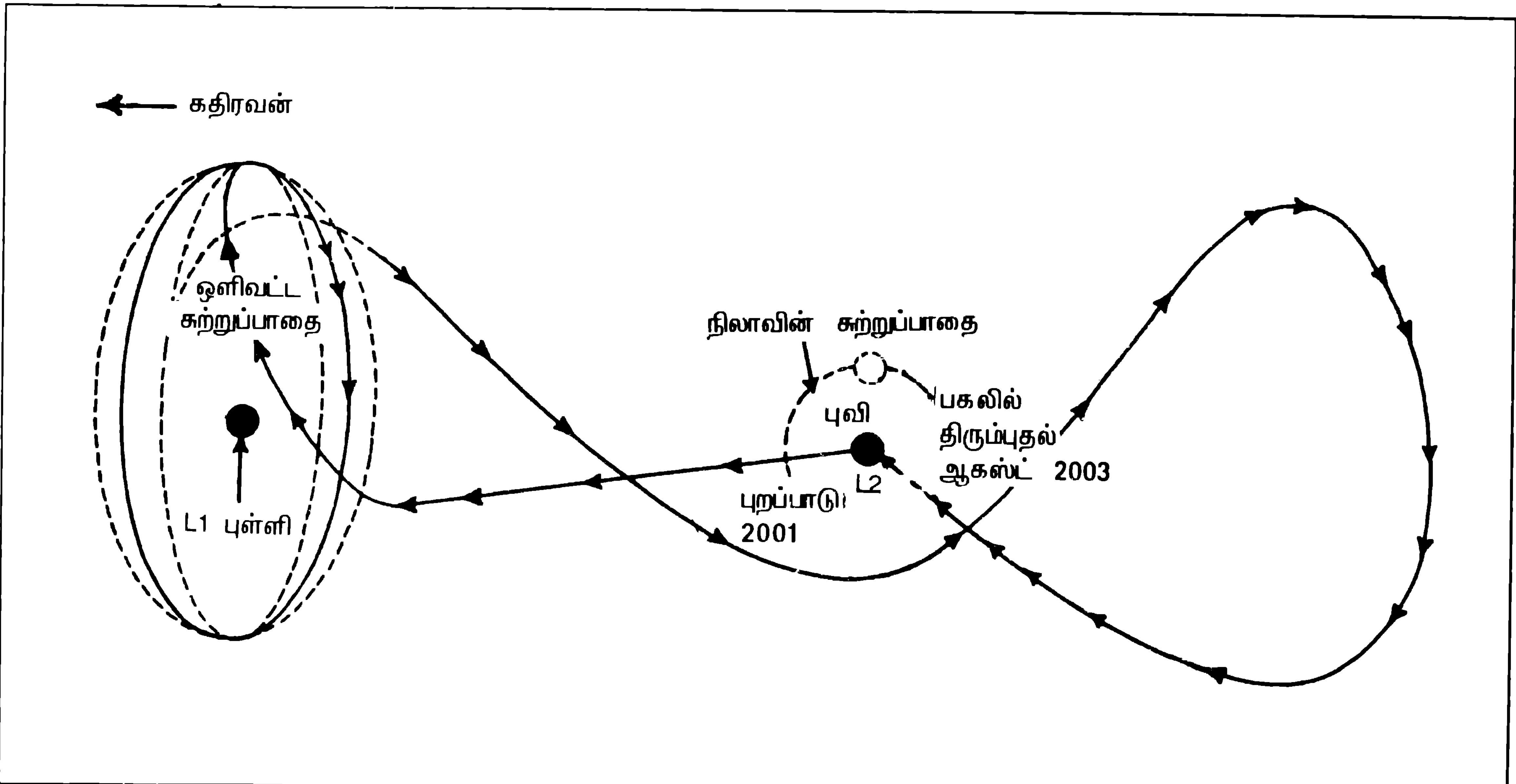
ஈர்ப்பின் அற்புதங்களில் சில, கிளர்ச்சி ஊட்டும் வகையில் ஒரு புதிய முயற்சியில் காண்பிக்கப்பட்டன. இதன் ஆதார எண்ணத்தை 18ம் நூற்றாண்டின் பிரஞ்சு கணக்கு வல்லுநர், ஜோசப் லூயிஸ் லெக்ரான்ஜ் (Joseph-Louis Legrange) என்பவர் கூறியிருந்தார். அவர் கூறியபடி, புவி-கதிரவன் இயங்கும் இயற்கை முறையில் ஐந்து 'நடுநிலை' புள்ளிகள் உள்ளன. அங்கே, புவியின் ஈர்ப்பு விசையும், கதிரவனின் ஈர்ப்புவிசையும், கோளின் விசையும் ஒன்றை ஒன்று முறியடித்துவிடுகின்றன. அப்புள்ளிகள் லெக்ரான்ஜ் புள்ளிகள் என்று இப்பொழுது அழைக்கப்படுகின்றன. இதில் சிறப்பு என்ன வென்றால், லெக்ரான்ஜ் புள்ளி ஒன்றிலோ அல்லது இரண்டிலோ

ஒரு கோளை நிறுத்தினால், அங்கேயே எப்பொழுதும் அது இருக்கும். அதைக் கட்டுப்படுத்த மிகக் குறைவான அளவில் எரிபொருள் போதும் (படம் 12).

அமெரிக்க விண்வெளி அமைப்பு, நாசா (NASA) இம் முறையைப் பரிசோதிக்க ஜெனிசிஸ் (Genesis) என்ற ஒரு கோளை ஆகஸ்ட், 2001இல் அனுப்பியது. அக்கோள் கதிரவனின் "காற்று" என்றழைக்கப்படும் மின்துகள்களை, லெக்ரான்ஜ் புள்ளி ஒன்றிலிருந்துகொண்டு இரண்டு ஆண்டுகள் சேகரித்தபின், லெக்ரான்ஜ் புள்ளி இரண்டு வழியாக, 1.6 பில்லியன் கி.மீ. தொலைவிலிருந்து புவியின் இருண்ட அரைப்பகுதியை நோக்கித் திரும்பும். (படம் 13) லெக்ரான்ஜ் புள்ளி ஒன்றில் கதிரவனின் மின்துகள்களில் கோள் திளைக்கப்படுவதாலும், லெக்ரான்ஜ் புள்ளி இரண்டில் புவியின் நிழல் கதிரவனின் மின்துகள்களை மறைத்துவிடுவதாலும், கோளை



படம் 12. ஒளிவட்ட சுற்றுப்பாதை. புவியிலிருந்து 1.5 மில்லியன் கிலோ மீட்டர் தொலைவில் கதிரவன்-புவி நேர்கோட்டில் உள்ள 'லெக்ரான்ஜ்' புள்ளியில் (L1) கதிரவனின் ஈர்ப்பு விசையும், புவியின் ஈர்ப்பு விசையும் சரிசமமாக இருக்கும். அங்கு ஒரு கோளை நிறுத்தினால் சிறிதளவே எரிபொருளைப் பயன்படுத்தி, கோளை காலவரையின்றி இயக்கலாம்.



படம் 13. புவிக்கும் கதிரவனுக்கும் இடையே உள்ள ஒளிவட்ட சுற்றுப் பாதையில் வீசும் கதிரவனின் 'காற்றை' சற்றே கைப்பற்றி, புவிக்கு எதிர்ப்புறத்தில் தாவி, இரண்டாவது ஒளிவட்ட சுற்றுப்பாதையில் இறங்கி, வீடு திரும்பும் அபார சாதனை. மனிதனின் கற்பனைக்கும் கணித அறிவிற்கும் இது ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு.

அப்புள்ளிகளைச் சுற்றி வலம்வரச் செய்கின்றனர். இதற்கு ஒளிவட்ட சுற்றுப்பாதைகள் என்று பெயரிட்டுள்ளனர். இவை கதிரவன்-புவி கோட்டிற்கு நேர் செங்குத்தாக இயங்கும். நான்கு சுற்றுப்பாதைகளுக்குப் பிறகு (ஒவ்வொன்றிலும் ஆறுமாத காலம் சுற்றியபின்), அக்கோள் லெக்ரான்ஜ் புள்ளி இரண்டை ஒளிவட்டமாகச் சுற்றும்.

லெக்ரான்ஜ் புள்ளி ஒன்றிலிருந்து இரண்டிற்குக் கோள் வருவதை, மலைமேலிருந்து உருண்டு, அந்த விசையினால் உயரத்தி லுள்ள மற்றொரு மலையின் உச்சிக்குச் செல்லும் ஒரு பந்திற்கு ஒப்பிடுகின்றனர். மூன்று ஆண்டுகளுக்குப் பின் திரும்பும் இக்கோளை பாராசூட்டின்மூலம் காற்றுவெளியில் ஹெலிகாப் டரில் கைப்பற்ற திட்டம் உள்ளது. கதிர்வீச்சுப் பதிவான பேழைகள் கோளிலிருந்து மீட்கப்பட்டு ஆராயப்படும். கணித அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்ட இந்தச் சுற்றுப்பாதைகள், விண் வெளியில் குறைந்த எரிபொருளுடன் கோள்கள் வெகுதொலைவு செல்ல வழிவகுக்கும்.

4

தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகள்

இன்று பலர் சிறிய தொலைபேசிகளைக் கையில் ஏந்தியபடி பேசிக் கொண்டே நடப்பதைப் பார்க்கின்றோம். அவர்களின் பேச்சு நில மையங்களால் இணைக்கப்படுகின்றன. தொடர்புக் கோள்கள் மூலமாகவும், உள்நாட்டிலும், வெளிநாட்டிலும் உள்ள தொலை பேசிகளுடன் இணைக்கும் அமைப்புகள் இப்பொழுது தோன்றியுள்ளன.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்கள் வழியாகவும், நடமாடும் தொலைபேசி மையங்களை இணைக்கலாம். இருப்பினும், 36,000 கி.மீ. உயரத்தில் இயங்கும் கோள்களுக்கு அலைவரிசைகள் சென்றுவர, (ஒளிவேகத்தில் சென்றாலும்), 0.6 வினாடி தாமதம் ஏற்படுகின்றது. இவ்வளவு தானே தாமதம் என்று சொல்லுவதற் கில்லை! ஏனெனில், பேச்சைத் தவிர, பல கோடிக் கணக்கான தகவல்கள் ஒவ்வொரு வினாடியும் எண்ணிலக்க அடிப்படையில் ('உண்டு', 'இல்லை' என்ற மின்அழுத்தங்கள்மூலம்) கோளிற்குச் செல்வதால், 0.6 வினாடி தாமதம் தொடர்புகளின் தொடர்பான திறனைக் குறைத்துவிடுகின்றது. மேலும், கையில் ஏந்தியபடி பேசும் தொலைபேசிகள் சரிவர இயங்க, அவை தொடர்புகொள்ளும் கோள்களின் அலைபரப்பி அதிக அளவில் மின் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளதாகவும், பெரிய அளவாகவும் இருக்க வேண்டும். ஏனெனில், கையில் ஏந்திப் பேசப்படும் தொலை பேசிகளின் கதிர்வீச்சு பயன்படுத்துவோர் ஏற்றுக்கொள்ளும்படி குறைவாக இருக்கவேண்டும். மேலும், அத்தகைய தொலைபேசியின் அலைபரப்பி எல்லா திசைகளிலும் செயல்படுமாறு அமைக்கப்பட வேண்டும்; இதற்காகக் கோளின் அலைவரிசை மிக அதிக வலுவுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

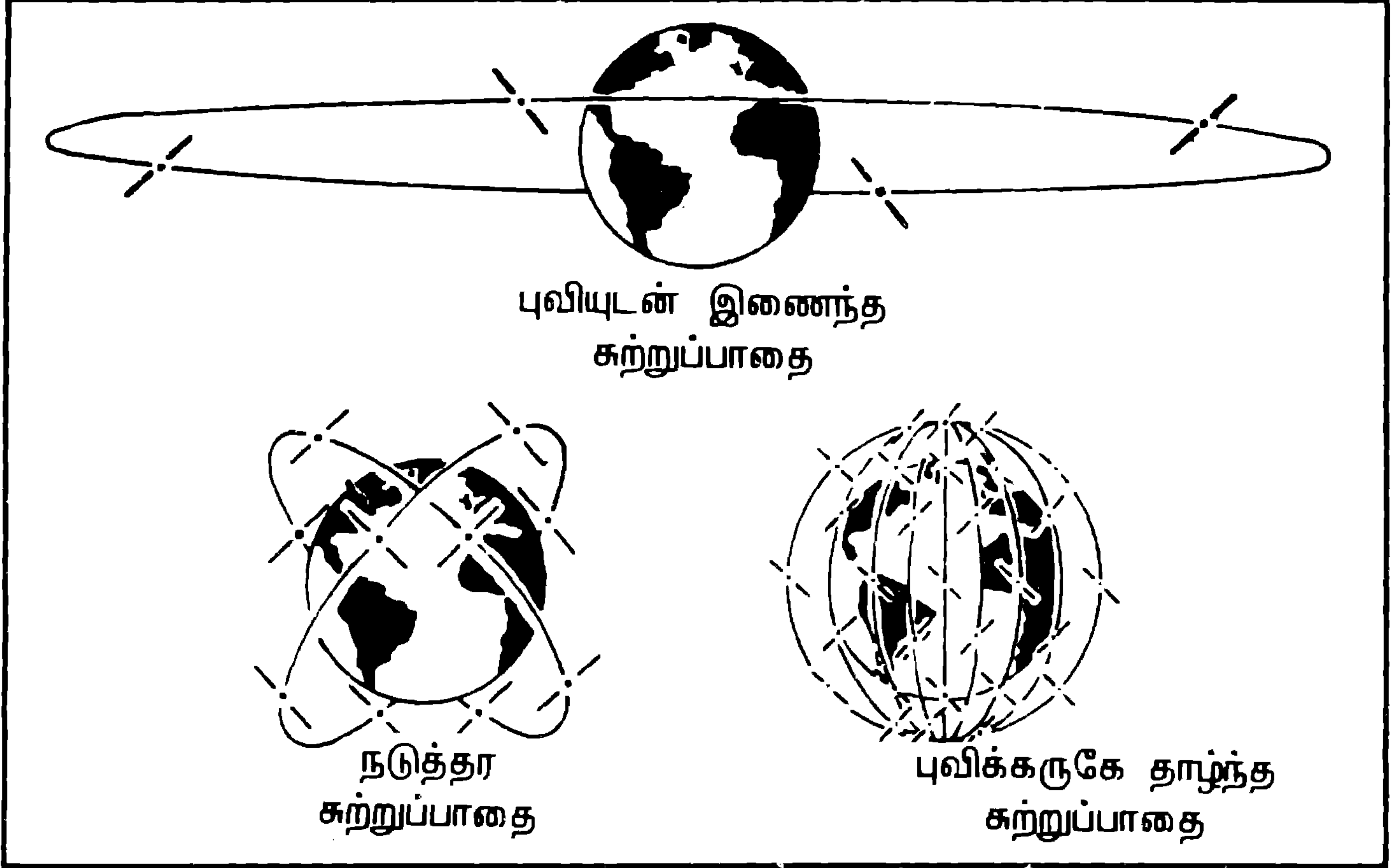
புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் கோள்களால் புவியின் 60°

குறுக்குக் கோட்டிற்கு வடக்கிலும், தெற்கிலும் உள்ள இடங்களுக்குத் திறம்பட அலைவரிசைகளை அனுப்ப இயலவில்லை. (மேம்பாடு அதிகமடைந்த நாடுகள் பல இந்தப் பிரதேசங்களில் உள்ளன!) அந்த இடங்களில் பயன்படுத்துபவர், வானில் கோளை எளிதாகக் காண்பதில் சில சிக்கல்கள் உள்ளன. கோளைக் காண உதவும் ஏற்ற கோணம் 10° முதல் 20°க்கும் குறைந்திருப்பதால், அலை வரிசைகள் வந்துசேரும் பாதையில் பல இடையூறுகள் இருக்கலாம். ஏற்ற கோணத்தை அதிகரித்தால், கோளின் தொடர்பைப் பெறும் பரப்பளவும் குறைந்துவிடும்.

மின்னணு இயல்பில் தோன்றிய தொழில் நுட்பத்தால் சிறிய, எடைகுறைந்த தொலைபேசிகளைப் பயன்படுத்த இயன்றுள்ளது. இவற்றைப் பயன்படுத்த, பெரிய அலைவாங்கி மையங்களும் தேவை இல்லை. ஆகவே, கைத்தொலைபேசிகளை உலகெங்கும் இணைக்க, தொடர்புக் கோள்களை புவிக்கருகே வடக்கு-தெற்கு திசையில் துருவங்களைக் கடக்கும் தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் செலுத்த முற்பட்டுள்ளனர். சில சுற்றுப்பாதைகள் புவியிலிருந்து 700–800கி.மீ. உயரத்திலும், சில (நடுத்தர சுற்றுப்பாதைகள்) 10,000 கி.மீ. உயரத்திலும் அமைகின்றன. அவற்றில் பல கோள்களைச் செலுத்தி, தொடர்புகளை ஏற்படுத்த பல நிறுவனங்கள் திட்டமிட்டுள்ளன. (படம் 14)

அதிக நீள்வட்டச் சுற்றுப்பாதைகளை (20–30 ஆயிரம் கி.மீ.க்கப்பால்) பயன்படுத்தினால், பெரிய அளவில் கோள்களை அமைத்தால்தான், சிறிய கைத்தொலைபேசியுடன் எளிதாகத் தொடர்புகொள்ள இயலும். மேலும், அந்தத் தொலைவில், வான் அலென் (Van Allen) கதிர்வீச்சு வளையங்கள் இருப்பதால், அவற்றுள் அடிக்கடி கோள்கள் சென்றுவந்தால், அவை விரைவில் பழுது அடைந்துவிடும்.

ஆகவே, 780–1400கி.மீ உயரத்திலோ அல்லது 10,300 கி.மீ. உயரத்திலோ சிறிய தொடர்புக் கோள்களைச் செலுத்தியுள்ளனர். சுமார் 700 கி.மீ. உயரத்தில் இயங்கும் கோளிற்குச் சென்றுவர அலைவரிசைகளுக்கு 10 மில்லி வினாடிகளே தாமதம் ஏற்படுகின்றது. (36,000கி.மீ. சென்றுவர 500க்கும் அதிக மில்லி வினாடிகள் தேவைப்படுகின்றன). தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் கோள்கள் வேகமாகப் புவியைக் கடந்துவிடுவதால், தொடர்பு களைத் தொடர்ந்து அளிக்க, கோள்களின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாக வேண்டும். ஒரு தனியார் நிறுவனம் 66 கோள்களைச் செலுத்தியது. மற்றொன்று 48 கோள்களையும், நடுத்தர உயரத்தில்



படம் 14. புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதைக்குக் கீழாக, பல தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதைகளில் இயங்கும் கோள்கள் மூலமாக, கைத்தொலை பேசிகள் உலகெங்கும் தொடர்புகொள்ள உதவ பல தொடர்பு கோள்கள், புவிக்கு அருகில் இயங்குகின்றன. தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதைகள் 400–1000 கி.மீ. உயரத்திலும், நடுத்தர சுற்றுப்பாதை 7,000–12,000 கி.மீ. உயரத்திலும் உள்ளன.

இயங்க 10 அல்லது 14 கோள்களையும் செலுத்தத் திட்ட மிட்டுள்ளது. இன்டர்நெட் தோன்றியபின், பல தகவல்களையும், படங்களையும் வினாடிகளில் அனுப்ப வேண்டியிருப்பதால், தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைக் கோள்களில் அதற்கான கருவிகளை அமைக்கின்றனர். மேலும், சிறிய குறுக்களவு உள்ள பகுதிகளுக்கு மட்டுமே அனுப்பப்படும் அலைவரிசைகளை, வேறு இடங்களில் பயன்படுத்த இயலுவதால், தொடர்புக்கான அலைவரிசைகளை சிக்கனமாகப் பயன்படுத்த இயலும். ஒன்றன்பின் ஒன்று கோள்களைத் தொடரும் பொழுது, இணைப்புகள் துண்டிக்கப் படாமல் இருக்க, ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளிற்கு தொடர்புகள் மாற்றப்படுவதால், தொடர்பின் தரம் குறையாமல் இருக்க ஏற்பாடு செய்கின்றனர்.

ரஷ்யாவின் மோல்நியா என்ற தொடர்புக்கோள்கள் மிக நீண்ட நீள்வட்டத்தில் இயங்குகின்றன. புவிக்கு அண்மையில் 400–500கி.மீ வரையும் சேய்மைத் தொலைவில் 40,000கி.மீ. வரையும் செல்லுகின்றன. இத்தகைய ஒரு சுற்றுப்பாதையைக் கடக்க 12

மணி நேரம் பிடிக்கும். இவ்வாறு பல கோள்களை இயக்கி, அவர்களது நாட்டில் மேல் எப்பொழுதும் ஒன்று அல்லது இரண்டு கோள்கள் இயங்கிவரும்படி செய்துள்ளனர்.

மோல்நியா கோள்கள் 63.4° என்ற கோண அளவில் சாய்ந்து சுற்றுவதால், அவற்றின் சுற்றுப்பாதையின் அண்மைத் தொலைவு மாறுவதில்லை. இது இயற்கையின் நியதி. ரஷ்யாவிற்கு இந்தச் சுற்றுப்பாதை உகந்ததாக உள்ளது; ஏனெனில், சுற்றுப்பாதையின் சேய்மைத் தொலைவு 40,000 கி.மீ. வரை செல்லுவதால், கோள் ரஷ்யநாட்டின் மேல் சுமார் 12 மணிநேரம் "பார்க்கும்படி" செல்கின்றது. இதர நாடுகளுக்கு இத்தகைய சுற்றுப்பாதைகளால் அதிக பயன்இல்லை. ஆகவே, பெரும்பாலான நாடுகள், புவிக்கு அருகில், இதர கோணங்களில் சுற்றும் கோள்களை நாடுகின்றன.

இன்டர்நெட் இணைப்புகளுக்குக் கோள்களும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. எனவே, தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் செல்லும். தொடர்புக் கோள்களுக்கு சிறப்பான பணி வரவிருக்கின்றது. அத்தொடர்கள் கைத்தொலைபேசிகளை மட்டுமன்றி, கணிப் பொறிகளையும், இன்டெர்நெட்டின் கருவிகளையும் இணைக்க வேண்டிவரும். மக்களுக்கு அன்றாட வாழ்வில் பல துறைகளில் இத்தகைய இணைப்புகள் பலன் அளிக்கும்.

உள்நாட்டு இன்டெர்நெட் தொடர்புகளை வெளிநாட்டில் இணைக்க வேண்டிய நிலை மாறி, நம் நாட்டுக் கோள்கள்மூலம், நம் நாட்டிலேயே உள்ள நிறுவனங்கள்மூலம் இணைக்கும் நிலை வர பலர் விரும்புகிறார்கள். இதற்கான தொழிற்நுட்பத்தையும், மென்பொருள் அறிவையும் நமது இளைய தலைமுறையில் பெரிதும் காண்கின்றோம்.

மின்னணு உறுப்புகளின் விலையில் அதிக சரிவு ஏற்படுவது திண்ணம். ஆகவே, சிலருக்கு மட்டும் உள்ள வசதி என்று இல்லாமல், பலருக்கும் பயன்படும் வகையில் இன்டர்நெட் இணைப்புகள் அமைய, குறிப்பாக கிராமங்களுக்கு இவ்வசதி வருவதற்கு, தாழ்ந்த பாதைகளில் கோள்களை நம் நாடே செலுத்தத் திட்டங்கள் வரும் என்று பலர் எதிர்பார்க்கின்றனர்.

5

புவியின் ஈர்ப்பு விசை

புவியின் ஈர்ப்பு விசை எல்லா பொருட்களையும் தரையை நோக்கி இழுத்துக் கொண்டாலும், அதே விசை செயற்கைக் கோள்களைச் செலுத்தவும் உதவுகின்றது. ஒரு கோளை 150 கி.மீ. உயரத்திற்குக் கொண்டுசென்று, அங்கிருந்து கிடைமட்டமாகச் செலுத்தினால் என்ன நேரிடும் என்று பார்க்கலாம். கோளின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, புவியில் அது விழக்கூடிய இடமும் தள்ளிக்கொண்டே போகும். ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில், அது புவியில் விழாமல் செல்லும். கோளின் வேகத்தைக் குறைத்தால், புவியின் ஈர்ப்பு விசையால் கீழே இழுக்கப்பட்டுவிடும். ஒரு வினாடிக்கு 8 கி.மீ. வேகத்தில் கோள் சென்றால் (7.91 கி.மீ வேகமே போதுமானது) அது புவியை வட்டமான சுற்றுப்பாதையில் சுற்றும். சற்றே வேகத்தை அதிகரித்தால், நீள்வட்ட சுற்றுப்பாதையில் (கோழிமுட்டை வடிவில்) கோள் அமையும். கோளின் வேகத்தை வினாடிக்கு 11.26 கி.மீ. என்று அதிகரித்தால், புவியின் ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து பெருமளவிற்கு விடுபட்டு, புவிக்கு அப்பால் சென்றுவிடும்.

செயற்கைக் கோள்களைச் செலுத்த இயற்கை உதவுகின்றது. இருப்பினும், இயற்கையின் சில விதிகள் கோளின் சுற்றுப்பாதையில் இடையூறுகளை விளைவிக்கின்றன. கதிரவனும், நிலாவும் உண்டாக்கும் விசைகள், புவியின் ஈர்ப்பு விசையின் வேறுபாடுகள், புவியின் மின்காந்த வயலின் அடர்த்தி, கதிரவனிடமிருந்து எப்பொழுதும் வந்துகொண்டே இருக்கும் மின்னணுக்களும், முன்னணுக்களும் கோளைத் தாக்குதல் போன்றவற்றால் கோளின் சுற்றுப்பாதை நாளடைவில் சீர்குலைகிறது.

புவியின் காற்றுவெளியின் அடர்த்தி, உயரே செல்லச் செல்ல குறைகிறது. 350 கி.மீ. உயரத்தில், ஒரு கன கிலோ மீட்டருக்கு 10

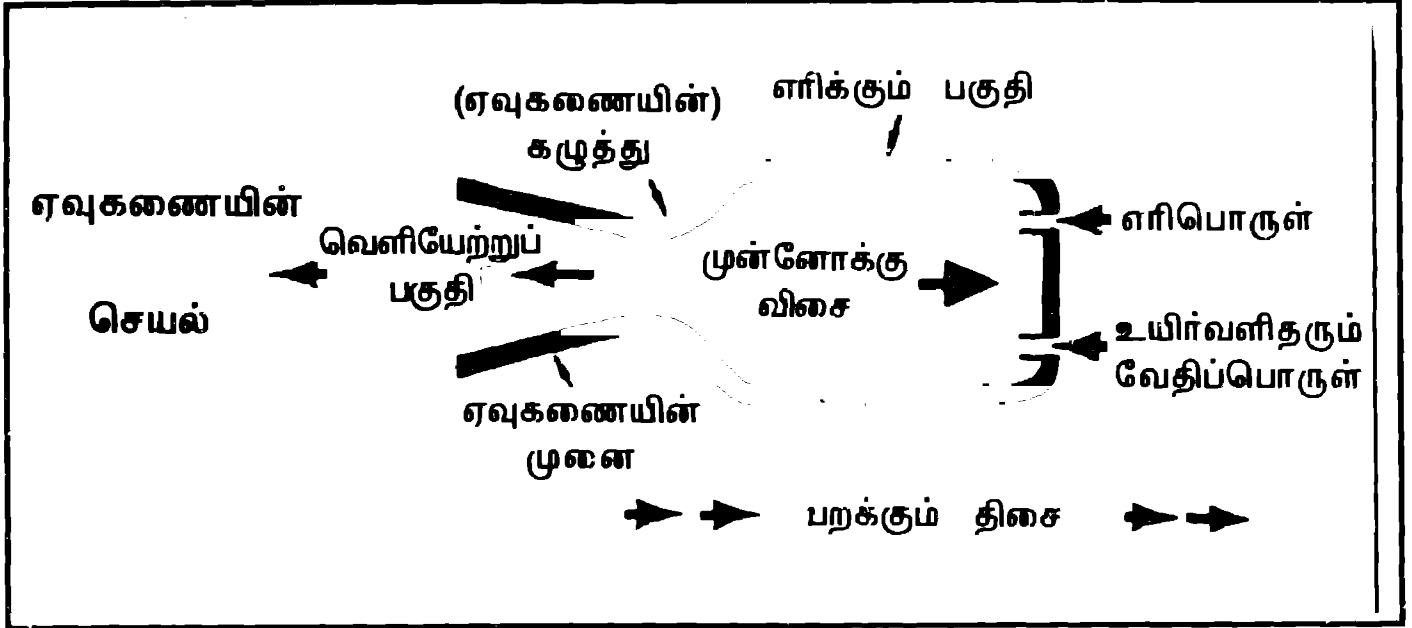
கிராம்களே காற்றின் அடர்த்தி என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். வேகமாகச் செல்லும் கோள், காற்றின் நுண்ணிய மூலக்கூறுகளுடன் மோதுவதால், புவியை நோக்கிக் கோள் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக இழுக்கப்படுகிறது. ஒரு கோள் எவ்வளவு நாள் பணிபுரியும் என்பது கோளின் மீது தாக்கும் பல விசைகளைப் பொருத்தது. புவியிலிருந்து கோள் இயங்கும் தொலைவும், கதிரவனின் கதிர்வீச்சும் கோளின் போக்கை நிர்ணயிக்கும்.

இயற்கை ஒரு பெரிய சலுகையைத் தந்துள்ளது. உதாரணமாக, புவிக்கும் ஒரு கோளிற்கும் இடையே உள்ள தொலைவை இரட்டித்தால், கோளின்மீது தாக்கும் ஈர்ப்புவிசை நான்கில் ஒன்றாகக் குறைந்துவிடும். அதாவது, மேலே செல்லச் செல்ல, ஒரு ஏவுகணைக்கு அதிக உந்துவிசை தேவையில்லை. ஆரம்பத்தில் உள்ள விசையை இரட்டித்தால், ஒரு ஏவுகணை இரண்டு மடங்கிற்கு மேலாகச் செல்லும். ஒரு வினாடிக்கு 1.6 கி.மீ. சென்றால், கோள் 130 கி.மீ. உயரத்தை எட்ட முடியும். துவக்க விசை வினாடிக்கு 9.6 கி.மீ. அதிகரித்தால், 17,900 கி.மீ. தொலைவிற்குக் கோள் சென்றுவிடும். ஒரு மில்லியன் கிலோமீட்டர்வரை, புவியின் ஈர்ப்பு விசைதான் முடிசூடா மன்னன்! அதற்கப்பால் கதிரவன் தன் கைவரிசையைக் காண்பித்து, கோளைத் தன் பிடியில் வைத்துக் கொள்ளும்.

புவியின் ஈர்ப்பு விசை இத்தாலிய மேதை கலிலியோ (Galileo) கணித்துக் கூறியுள்ளபடி, கீழ்நோக்கி விழுந்துகொண்டிருக்கும் ஒரு பொருளின் வேகம் ஒரு வினாடிக்கு 980 சென்டிமீட்டர் என்ற கணக்கில் ஒவ்வொரு வினாடியும் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கின்றது. கடல்மட்டத்தில் உள்ள இந்த ஈர்ப்புவிசையை ஒரு 'ஜி' (எடை மிகு நிலைமை) என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். (அதாவது 9.81 மீ./வினாடி^{2} என்ற வேகத்தில் இழுக்கும் விசை என்று பொருள்.) இதன்படி, புவியின் ஈர்ப்புவிசை ஒரு ஏவுகணையின் வேகத்தை ஒவ்வொரு வினாடியும், மணிக்கு 35 கி.மீ. குறைத்துவிடும். இதன் அடிப்படையில் நியூட்டன் ஒரு விதியைக் கூறினார். அதன்படி, ஒரு பொருளுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு இரட்டிக்குமானால், அப்பொருள்மீது உள்ள ஈர்ப்புவிசை நான்கில் ஒன்றாகக் குறைந்துவிடும் என்றார்.

தவளை பாய்வது போல

சுற்றுப்பாதையில் கோளைச் செலுத்த சிறந்த வழி ஏவுகணையைப்



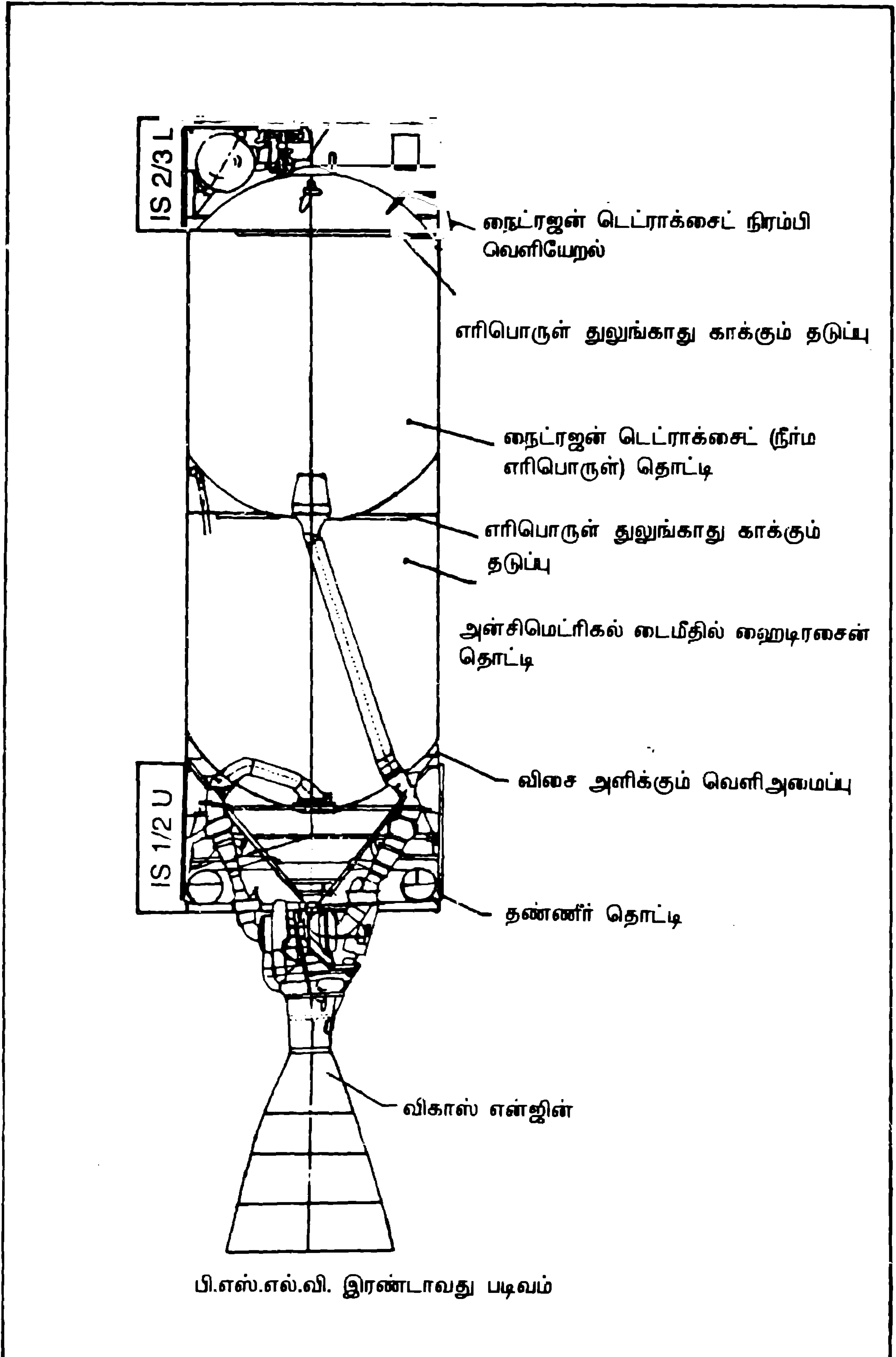
படம் 15. நியூட்டனின் மூன்றாவது விதி ஏவுகணையில் பணிஆற்றும் முறை. எரிபொருளும், உயிர்வளிகொண்ட எரிக்கும் பொருளும் எரியவிடும் பகுதியில் சேர்க்கப்பட்டு எரிக்கப்படுகின்றன. அப்பொழுது உண்டாகும் வளி அதிக திசை வேகத்துடன் வெளியேறி அழுக்கத்தை அளிக்கின்றது.

பயன்படுத்துவதே. நியூட்டனின் மூன்றாவது விதிப்படி, ஒவ்வொரு செயலுக்கும் எதிர்வினை உண்டு. உதாரணமாக, தவளை மரத்துண்டை ஊன்றிப்பாயும்பொழுது, மரத்துண்டு தவளை செல்லும் திசைக்கு எதிராக உந்தப்படுகின்றது. அதேபோல, ஏவுகணையின் விசை ஒரு திசையில் வெளிவர, ஏவுகணை அதற்கு எதிர்திசையில் செல்கின்றது. (படம் 15)

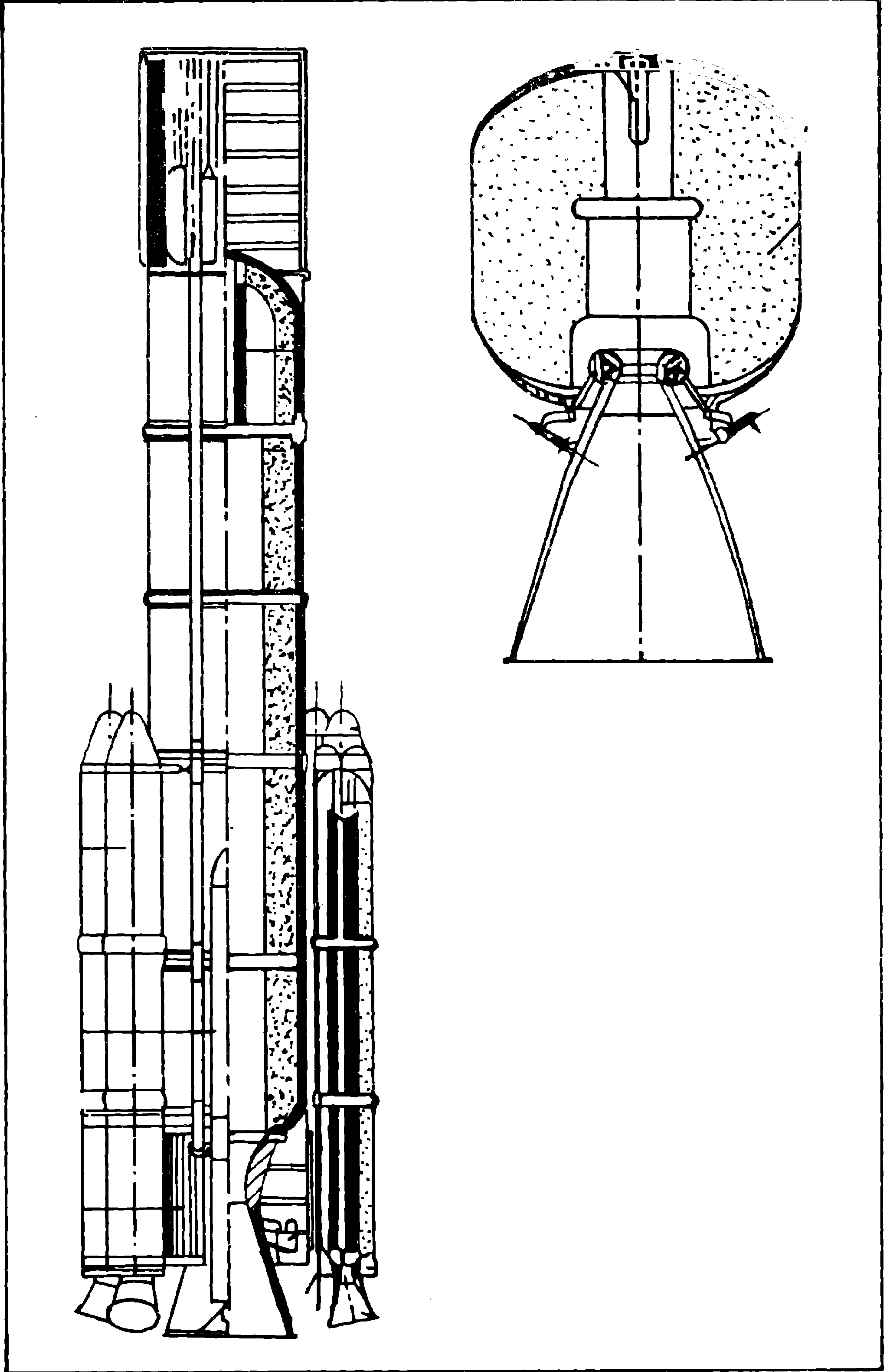
நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி ஒரு பொருள்மீது இயங்கும் விசை, தனது திசையிலேயே வேகமாக அப்பொருளை செலுத்துகின்றது. செல்லும் வேகம் விசைக்கு சரிசமனாகவும், அப்பொருளின் பொருண்மைக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும். இதன்படி மேலே செல்லும் படிவங்கள் ஒவ்வொன்றையும் ஏவுகணைத் தள்ள தள்ள, அதன் எரிபொருளின் எடையும் குறைந்து தனது திசை வேகத்தை அதிகரிக்கின்றது.

நியூட்டனின் முதல் விதியையும் ஏவுகணை செலுத்துவதில் காண்கின்றோம். அதன்படி, ஒரு பொருள் வெளியிலிருந்து தள்ளப்பட்டால் ஒழிய, அசையாமலோ அல்லது நேர் கோட்டிலோ சென்றுகொண்டே இருக்கும்.

இன்று நடைமுறையில் இயங்கும் ஏவுகணைகள் வேதி எரிபொருள்களையே பெரும்பாலும் பயன்படுத்தி வருகின்றன. வேதி எரிபொருள் திண்மையாகவோ நீர்மமாகவோ இருக்கலாம். இரண்டிலுமே உயிர்வளிதரும் வேதிப்பொருள் உள்ளது. ஏனெனில்,



படம் 16. *நீர்ம எரிபொருளைப் பயன்படுத்தும் ஏவுகணை—என்ஜின். பி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணையின் இரண்டாம் படிவத்தில் உள்ளது. ஒரு விசை இறைகுழையால் எரிபொருள்கள் செலுத்தப்படுகின்றன.*



படம் 17. துருவத்தைக் கடந்து செல்லும் ஏவுகணையின் முதல் படிவத்திலும், மூன்றாம் படிவத்திலும் திண்ம எரிபொருள்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

காற்றுவெளிக்கு மேலே விண்வெளியில் உயிர்வளி இல்லை. நீர்ம எரிபொருளும், எரியவிடத் தேவையான உயிர்வளி வேதிப் பொருளும் ஏவுகணையில் தனித்தனியே நிறைத்து வைக்கப்படும். ஏவுகணை செல்ல, வேகமான இறைகுழாயாலோ அல்லது அதிக அழுத்தத்தாலோ எரிபொருள்கள் எரிக்கும் பகுதிக்குச் செலுத்தப் படும். அங்கே எரிபொருளும், உயிர்வளி கலந்த வேதிப்பொருளும் சேர்க்கப்பட்டு, அது எரிவதால் தோன்றும் வளி, மிகுந்த விசையுடன் ஏவுகணையிலிருந்து வெளியேற்றப்படும். அப்பொழுது, ஏவுகணை அதற்கு எதிர்திசையில் கிளம்பிச் செல்லும். பல நவீன ஏவுகணைகளில், நீர்ம எரிபொருளை முன்கூட்டியே எரித்து, அதன் விசையை இறைகுழாய்களை இயக்கப் பயன்படுத்துகின்றனர். இத்தகைய வளியை மீண்டும் பயன்படுத்தி, ஏவுகணையின் திறனை அதிகரிக்கவும் இயலும்.

ஏவுகணையின் விசையை ஒரேவிதமான நீர்ம எரிபொருள் மூலம் பெறலாம். அல்லது, இருவிதமான நீர்ம எரிபொருள்களைப் பயன்படுத்தலாம். (படம் 16) திண்ம எரிபொருளை பயன்படுத்தி னால், ஏவுகணையின் விசைக்குத் தேவைப்படும் உயிர் வளியை, அந்த எரிபொருள்களுடன் கலந்துவிடுகிறார்கள் (படம் 17). ஏவுகணையின் வெளித்தகடே எரியும் உலையாகச் செயல்படுகிறது. திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணையை ஒருமுறை பற்ற வைத்தால், அதை அணைக்க முடியாது! இதற்கு மாறாக, நீர்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணைகளை ஏற்றியும், அணைத்தும் கோளின் வேகத்தையும், போக்கையும் கட்டுப்படுத்தலாம்.

தரைமட்டத்திலிருந்து செலுத்தப்படும் ஏவுகணையின் உந்துவிசை, அந்த ஏவுகணையின் எடையைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ஏவுகணையின் நிறைவு அதிகரித்தால், அதன் உந்துவிசையும் அதிகரிக்க வேண்டும். காற்றுமண்டலத்தின் அழுத்தமும், ஏவுகணையின் எரிபொருள்களும் குறையக் குறைய, உந்துவிசை அதிகரிக்கும். ஏவுகணையின் உந்துவிசைக்கும் அதன் மொத்த எடைக்கும் உள்ள தொடர்பைக் குறிப்பிட ஒரு விகிதத்தை நிர்ணயித்துள்ளனர். இதன்படி, 10 டன் எடையுள்ள ஏவுகணை பத்து டன் விசையால் மேலே செல்ல முடியாது; விசை 10 டன்னிற்கு மேலாக இருக்க வேண்டும். விசையை கிலோ நியூட்டன் என்று அளவிடுகின்றனர். உதாரணமாக, இந்தியாவின் ஜி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணையின் எடை புறப்படும்பொழுது 401 டன்; அதை தரைமட்டத்திலிருந்து கிளப்ப, 470 டன் (4700 கிலோ நியூட்டன்) விசை தேவைப்படுகிறது.

ஒரு மோட்டார் வண்டியின் திறனை ஒரு மீட்டருக்கு இவ்வளவு கிலோமீட்டர் செல்லும் என்று குறிப்பிடுவதுபோல், ஏவுகணையின் திறனையும் அளவிடுகின்றனர். ஏவுகணையின் உந்துதிறனை வினாடிகளில் குறிப்பிடுகின்றனர். தரைமட்டத்தில் இருப்பதைவிட, வெற்றிடத்தில் (விண்வெளியில்) உந்து திறன் அதிகரிக்கும். உதாரணமாக, நம் நாட்டின் ஏவுகணை எரிபொருளின் குறிப்பிட்ட உந்துதிறன் 242 வினாடிகள் முதல், 270 வினாடிகள் (வெற்றிடத்தில்) வரை என்று குறிப்பிடுகின்றனர்.

ஒரு ஏவுகணையின் வெளியேற்று திசை வேகம் அந்த ஏவுகணையின் பொருண்மையை (எடையை) பொருத்து அமையும். இந்த உறவை பொருண்மை விகிதம் என்றும் குறிப்பிடுகின்றனர். ஏவுகணை புறப்படும் தருணத்தில் உள்ள அதன் எடையை, அதன் எரிபொருள் எல்லாம் எரிந்த பிறகு உள்ள எடையால் வகுத்தால், இந்த விகிதம் கிடைக்கும். இந்த விகிதம் அதிகரித்தால், ஏவுகணையின் வேகம், அதன் வெளியேற்று விசையைவிட அதிகமாகும். உதாரணமாக, பொருண்மை விகிதம் 20:1 என்றால், ஒரு ஏவுகணையின் வெளியேற்று விசையைவிட மூன்று மடங்கு வேகத்தில் ஏவுகணை செல்லும் என்று பொருள். ஆனால், இவ்வேகத்தில் ஏவுகணை செல்ல அதன் வெளிப்பகுதிகள் உறுதி யாக இருக்க வேண்டும். பல படிவங்களை அமைத்து, அவை செயல்பட்டபிறகு, அவற்றை ஒவ்வொன்றாக நீக்குவதன்மூலம், பொருண்மை விகிதத்தை அதிகரிக்கலாம்.

ஒரு ஏவுகணை இயங்கும் விதத்தையும், அதன் நிலைமை யையும் அதில் உள்ள பல்வேறு கருவிகள் அறிவிக்கின்றன. நுண் அலைகள்மூலம் ஏவுகணையின் சூடு, வேகம், செல்லும் திறன் போன்ற பல்வேறு விவரங்களை நில மையங்கள் அறிந்து கொள்கின்றன.

கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களிலிருந்து வரும் உத்தரவுகளையும், வினாக்களையும் வரவேற்று, அலசி, அதற்கேற்ற பதில்களை அனுப்பும் திறன்பெற்ற கருவிகள் ஏவுகணைகளிலும், கோள்களிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு ஏவுகணை செல்லும் போக்கையும், இயங்கும் விதத்தையும் முன்கூட்டியே அறிய, ஏவுகணை செல்வது போலக் கணிப்பொறிகளில் கணக்கிட்டுப் பார்க்கின்றனர்.

6

இந்தியாவின் ஏவுகணைகளும் எறிபடைகளும்

1947இல் இந்தியா விடுதலை பெற்றபொழுது, விண்கதிர் பரிசோதனைக்கூடம் ஒன்று அமைக்கப்பட்டது. அறிவியலை வளர்க்கும் பணிக்கு அக்கூடம் உரியது என பலர் கருதினர். அக்கூடத்தை அமைத்த இந்திய விஞ்ஞானி விக்ரம் சாராபாய் (Vikram Sarabhai 1919-1971) துவக்கத்தில் விண்வெளியின் அற்புதங்களை ஆராய்வதில் ஈடுபட்டார். நோபல் பரிசுபெற்ற பிரபல விஞ்ஞானி, சி.வி. ராமன் (C.V. Raman 1888-1970) அவர்களின் எண்ணங்களால் கவரப்பட்டு சாராபாய் பணிபுரிந்தார். மற்றொரு புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானி, ஹோமி பாபா (Homi Bhabha 1909-1966) அவர்களும் 1940ம் ஆண்டுகளில் விண் கதிர்களை ஆராய்ந்து வந்தார். 1957இல் விண்வெளிக்காலம் பிறந்தபிறகு, விண்வெளி ஆராய்ச்சி அறிவைப் பெருக்குவது மட்டுமன்றி, மக்களின் அன்றாட வாழ்விற்கு உதவும் என்பதை சாராபாய் உணர்ந்தார். மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகளுக்கு செயற்கைக் கோள்களினால் வரக்கூடிய பலன்களை அறிந்து, இத்துறையில் இந்தியாவும் முன்னேற வேண்டும் என்று உறுதிகொண்டார். விண்வெளி ஆராய்ச்சிக்கும் பயன்பாட்டிற்கும் திட்டங்களை வகுக்க, ஒரு தேசிய அமைப்பின் அவசியத்தை வலியுறுத்தனார். அவரது முயற்சி வெற்றிபெற்று, 1962இல் விண்வெளி ஆராய்ச்சிக்கென தேசியக் குழு ஒன்று அமைக்கப்பட்டது.

காற்றுவெளியை ஆராயும் ஏவுகணைகள்

புவியின் காந்த நடுக்கோடு தும்பாவிற்கருகே செல்கின்றது. அக்கோட்டிற்கு மேல் உள்ள காற்றுவெளியில் விஞ்ஞான

ஆராய்ச்சிகளை செய்ய, ஏவுகணைகள் பயன்படுமென்று பன்னாட்டு விஞ்ஞானிகள் கருதினர். 1963இல் வெளிநாட்டு ஆராய்ச்சி ஏவுகணை ஒன்று செலுத்தப்பட்டு, தும்பா ஏவுகணை நிலையம் முறைப்படி துவக்கிவைக்கப்பட்டது. இன்று தும்பா நிலையம் ஐக்கிய நாட்டு நிறுவனத்தின் ஆதரவைப் பெற்று பல நாடுகள் தமது ஆய்வு ஏவுகணைகளை அங்கிருந்து செலுத்த உதவுகின்றது.

இந்திய விண்வெளி ஆய்வு அமைப்பு, இஸ்ரோ (ISRO), ஆய்வு ஏவுகணைகளையும், அதற்கான வேதிப் பொருள்களையும் செய்யும் திட்டமொன்றைத் துவங்கியது. ஏவுகணையைச் செய்யும் கூடம், அதற்கான வேதிப் பொருள்களைத் தயாரிக்கும் அமைப்பு, ஏவுகணை எரிபொருள் தயாரிக்கும் அமைப்பு, ஆகியவற்றைத் தும்பாவில் அமைத்தனர். விண்வெளி விஞ்ஞான தொழில் நுட்ப மையம் ஒன்றையும் தும்பாவில் அமைத்தனர்.

ரோகிணி–75

இந்தியாவின் முதல் ஏவுகணை ரோகிணி-75 (Rohini 75) என்று அழைக்கப்பட்டது. (இதன் எண் ஏவுகணையின் அடிப்பாகத்தின் குறுக்களவை மில்லிமீட்டரில் குறிப்பிடுகிறது; 1967இல் தும்பாவி லிருந்து செலுத்தப்பட்டது. அந்த வெற்றியால் ஊக்கமுற்ற தொழில் வல்லுநர்கள், சென்டார் (Centaure) என்ற இருபடிவ ஏவுகணையை உற்பத்தி செய்தனர். 1977இல் முறைப்படி ஆய்வு ஏவுகணைகளை செய்யத் துவங்கினர். முதலில், திண்ம எரிபொருளைப் பயன்படுத்தினர்.

ரோகிணி வரிசையில் பல ஏவுகணைகள் வரத் துவங்கின. அவற்றில் குறுக்களவும் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்றது. ரோகிணி 100, ஆர்.எச்.–125 (RH125, RH300, RH560) போன்ற பல ஏவுகணைகளை வானவெளி ஆய்விற்கும், பெரிய ஏவுகணைகளின் உறுப்புகளைச் சோதிக்கவும், பயன்படுத்திக் கொண்டனர். இத் துறையில் அடைந்த முன்னேற்றம் ஒரு செயற்கைக் கோளைச் செலுத்தும் பெரிய ஏவுகணையை அமைக்க உதவியது.

ஆயிரத்திற்கும் மேற்பட்ட ஆய்வு ஏவுகணைகளை இந்தியா செய்து செலுத்தியுள்ளது. ஒரு படிவமே கொண்ட 100 கிலோ எடையுள்ள ஏவுகணைகளிலிருந்து துவங்கி, 17 டன் எடைவரை யுள்ள நான்கு படிவ ஏவுகணைகளைச் செய்யும் ஆற்றலை இந்தியா பெற்றுள்ளது. கட்டுப்படுத்தப்படாத சிறுஏவுகணையிலிருந்து, கட்டுப்பாட்டுக்குள் இயங்கி, கணிப்பொறிகளைக் கொண்டு

அவற்றின் தொலைவு, போக்கு, போன்றவற்றை அறியும் ஆற்றலை இந்தியா பெற்றுள்ளது. உலகில் கோள்களைச் செலுத்தும் திறனைப் பெற்ற ஏழாவது நாடாக இன்று இந்தியா விளங்குகின்றது.

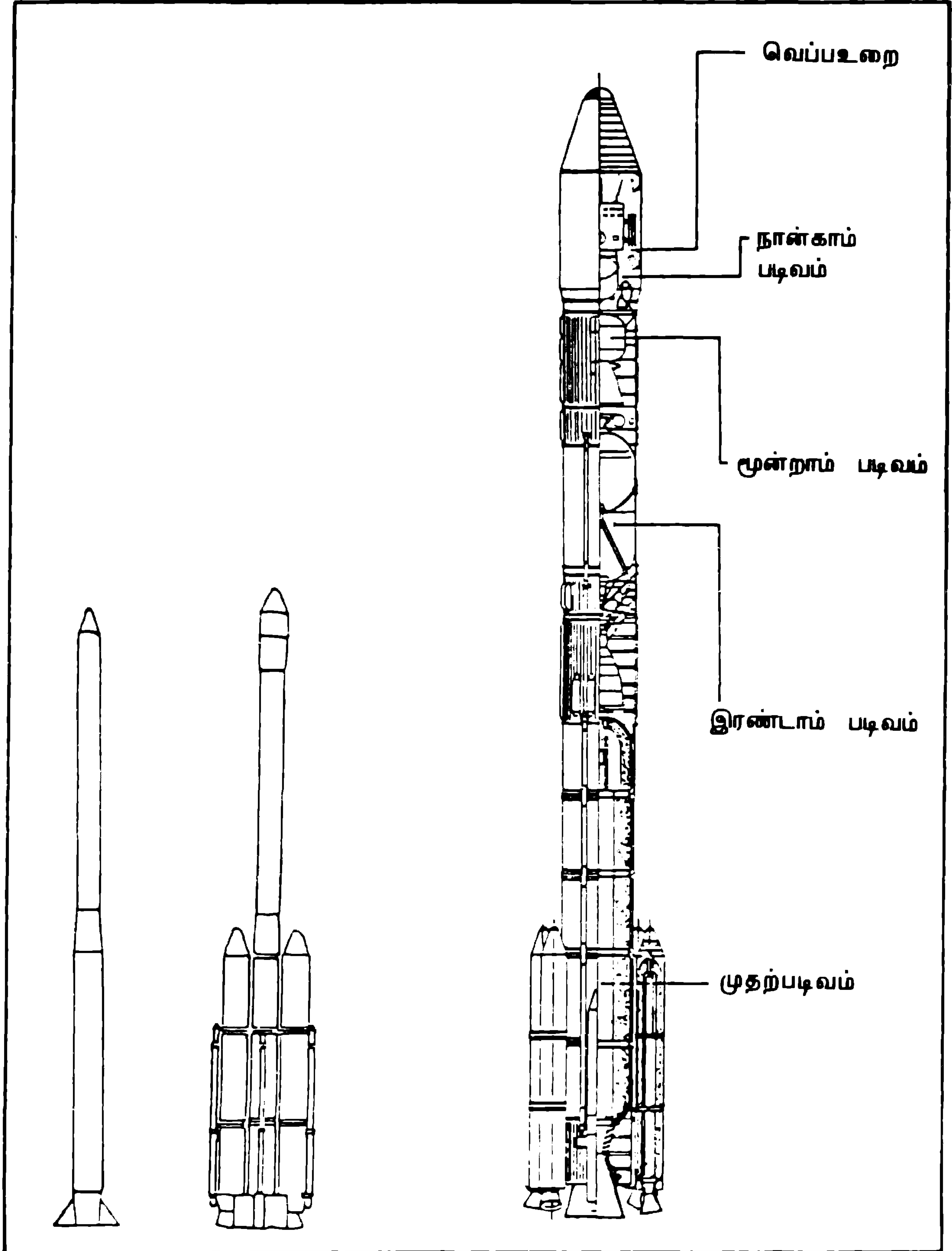
புவி தன்னைத்தானே கிழக்கு நோக்கிச் சுற்றுவதால், அந்தத் திசையில் ஏவுகணைகளை செலுத்த, நாட்டின் கிழக்குக் கடற் கரையருகே ஒரு இடம் தேவைப்பட்டது. அதன்படி, சென்னைக்கு 100கி.மீ வடக்கே ஆந்திராவில் ஸ்ரீஹரிகோட்டா என்ற சிறிய தீவு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது. அங்கே ஒரு ஏவுகணையைச் செலுத்தும் மையத்தை, கட்டளைச் செலுத்திக் கண்காணிக்கும் அமைப்பு களுடன் இணைத்து நிறுவினர். ஏவுகணைகளுக்குத் தேவையான திட எரிபொருள்களைத் தயாரிக்கும் கூடத்தையும் அங்கே அமைத் தனர். இதற்கிடையே அகமதாபாதில் விண்வெளி நுட்பங்களை ஆராய்ந்து நடைமுறையில் பயன்படுத்தும் முறைகளை உருவாக்க விண்வெளிப் பயன்பாட்டு மையம் ஒன்றையும் அமைத்தனர்.

1971இல் சாராபாய் திடீரெனக் காலமானார். நாடு அதிர்ச்சி அடைந்து துயரத்தில் மூழ்கியது. அவரது நோக்கங்களைப் பின்பற்றி அவரது கனவை நனவாக்க விண்வெளி விஞ்ஞானிகள் உறுதி கொண்டனர். விண்வெளிக் காலத்தில் இந்நாட்டைக் கொண்டு சென்ற அந்த வழிகாட்டியின் பெயரை தும்பா மையத்திற்குச் சூட்டினர். விக்ரம் சாராபாய் விண்வெளி மையம் என்று அந்த மையத்தை அழைத்தனர்.

கோள்களைத் தயாரிக்க பெங்களூரில் இஸ்ரோ கோள் மையத்தை 1972இல் துவங்கினர். கோள்களை உருவாக்கி, தயாரித்துப் பரிசோதிக்கும் பணிகள் அங்கு துவங்கின. ஏவுகணை களைத் தொடர்ந்து கண்காணிக்க, பல மையங்களை லக்னோ, கார்நிகோபார், மொரிஷீயஸ் ஆகிய இடங்களில் அமைத்தனர். பெங்களூரில் பிரதானக் கட்டுப்பாட்டு மையம் உருவாகியது. தமிழ் நாட்டில் (ஜோலார்பேட்டைக்கருகே) ஜவ்வாது மலைக்காட்டிற்குள் கோள்களைக் கண்காணிக்க ஒரு தொலைநோக்கியையும், ஒரிசாவில் பாலசூரில் ஏவுகணைகளைச் செலுத்தும் மையத்தையும் அமைத்தனர்.

தோல்வியும், வெற்றியும்

இந்தியாவின் கோள் ஏந்திய முதல் ஏவுகணை—எஸ்.எல்.வி.-3 (SLV-3) என்று அழைக்கப்பட்டது (படம் 18). 1979 ஆகஸ்ட் மாதம் ஸ்ரீ ஹரிகோட்டாவிலிருந்து செலுத்தப்பட்ட இந்த ஏவுகணை



படம் 18. கோள் ஒன்றைச் செலுத்தவல்ல இந்திய ஏவுகணை (இடது); வலுப்படுத்தப்பட்ட எஸ்.எல்.வி. ஏவுகணை (நடுவில்); துருவத்தைக் கடந்து செல்லும் ஏவுகணை (பி.எஸ்.எல்.வி).

தோல்வியுற்றது. துவங்குவோருக்கு வரும் நற்பேறு அந்த விஞ்ஞானிகளுக்குக் கிடைக்கவில்லை! ஆனால், 1980 ஜுலையில் அவர்கள் செய்த இரண்டாவது முயற்சி வெற்றிபெற்றது. 35 கிலோ எடையுள்ள ரோகிணி கோள் எஸ்.எல்.வி–3 ஏவுகணையால் செலுத்தப்பட்டு புவிக்கருகே சுற்றுப்பாதையை அடைந்தது. சீராக்கும் மற்றொரு ஏவுகணையை அடுத்த ஆண்டு செலுத்திய பொழுது, அது எடுத்துச் சென்ற கோள் தாழ்ந்த உயரத்தில்தான் விடப்பட்டது. அதனால் கோளை நீண்ட நாட்கள் விண்வெளியில் இயக்க இயலவில்லை. தீவிர எதிர்விசைகளை சமாளித்து, ஏவுகணை தனது பணியைச் செய்தது. இரண்டாவது சீராக்கும் ஏவுகணை (1983) முழுவெற்றியை அளித்தது. 41.5கிலோ கோள் 400 x 850கி.மீ. சுற்றுப்பாதையில் புவிக்கருகே செலுத்தப்பட்டது.

இதற்குப் பிறகு, இஸ்ரோ (ISRO) நிறுவனம் 150கிலோ கோளை சுற்ற வைக்க வலுவான ஏவுகணை ஒன்றை உருவாக்கியது. முதற் படிவத்திற்கு அதிக உந்துவிசை அளிக்க இரு ஏவுகணைகள் அத்துடன் இணைக்கப்பட்டன. இத்திண்ம ஏவுகணைகள் துவக் கத்தில் சரிவர இயங்கவில்லை. 1987இல் முதல்கட்ட என்ஜின் கணிப்பொறி சரிவர கட்டளையிட்டும் எரியத் தவறியது. 1988இல் பல மாறுதல்களைக்கொண்ட இரண்டாம் ஏவுகணையும் தோல்வி அடைந்தது. முதல்படிவம் எரிய ஆரம்பித்தது. ஆனால் இணைக்கப் பட்டிருந்த ஏவுகணைகள் ஈரிரண்டு வினாடிகளுக்கு முன்பே எரிந்துவிட்டதால், மூன்று அல்லது நான்கு வினாடிகளுக்குப் போதிய கட்டுப்பாட்டில் ஏவுகணை இருக்கவில்லை. இணைக்கப் பட்டிருந்த ஏவுகணைகள் எரிந்தபின் முதல்படிவத்தின் பிரதான என்ஜின் எரிவதற்குமுன் பிழைகள் அதிகரித்ததாலும், எதிர் பார்க்காத அளவிற்குக் காற்று வீசியதாலும், தானே இயங்கும் கணிப்பொறி ஏவுகணையைக் கட்டுப்படுத்த இயலவில்லை. இதனால், ஏவுகணை அசாதாரணமான முறையில் இயங்கியது; தடத்தைவிட்டுச் சென்ற 50.4 வினாடிகளில் அதன் உயர்படிவங்கள் தனியாகப் பிரிந்துவிட்டன. எரிந்து முடிந்த இணைக்கப்பட்டிருந்த ஏவுகணைகளுடன், முதற் படிவ என்ஜின் 97.8 வினாடிகள் வரை தொடர்ந்து இயங்கியது.

தோல்வியை ஆராய்ந்த பிறகு ஏ.எஸ்.எல்.வி டி–3(ASLV D3) என்ற அடுத்த ஏவுகணையில் பல மாறுதல்கள் செய்யப்பட்டன. அவற்றுள் சில: இணைந்த ஏவுகணைகளின் உந்துவிசையை சற்றுக் குறைத்தல்; எரியத் துவங்கும் முறையிலும், கட்டுப்பாட்டிலும் சில மாறுதல்கள்; துடுப்பு போன்ற பகுதிகளை ஏவுகணையில் பொருத்தி

அதன் நிலையைச் சீராக்குதல்; தானே இயங்கும் கணிப்பொறி அதிகவேகமாக வரும் காற்றை சமாளிக்கும்படி வலுப்படுத்துதல்; முதலிரு படிவங்கள் எரிவதையும், இரண்டாம் படிவம் பிரிவதையும் ஏவுகணையில் உள்ள கணிப்பானே மேற்கொள்ளுதல் போன்றவை. கணிப்பொறி மூலமாக உண்மை நிலையை தோற்றுவித்து நூற்றுக் கணக்கான சோதனைகளை செய்தனர். முதன்முறையாக இந்நாட்டில் தயாரித்த திண்ம எரிபொருளை (அய்டிராக்சில் சேர்ந்த பாலிபுடடையன்) முதல் படிவத்திலும், அத்துடன் இணைந்த ஏவுகணைகளிலும் பயன்படுத்தினர்.

1992 மே மாதத்தில் செலுத்தப்பட்ட ஏவுகணையின் (ASLV 3) சீராக்கும் விண்ணோட்டம் வெற்றிகரமாக அமைந்தது. இதன் நோக்கம், இந்த ஏவுகணை இனி முறைப்படி செயல்படுத்தப் படலாம் என்று அறிவிப்பதே. புவிக்கருகே 400 கி.மீ. உயரத்தில், ஏறக்குறைய வட்டமான சுற்றுப்பாதையில் 150 கிலோ எடையுள்ள கோளைச் செலுத்தினர். இக்கோளை விரிவாக்கப்பட்ட ரோகிணி வரிசையில் ஒன்று என அழைத்தனர். ஆனால் கோள் சரியான சுற்றுப்பாதையில் செல்லவில்லை. ஏவுகணையின் நான்காம் படிவம் கோளிற்குத் தேவையான சூழலைக் .கொடுக்கவில்லை. கோள் 433x267கி.மீ. சுற்றுப்பாதையில் இயங்கியது.

குறைபாடுகளை நீக்கி, அடுத்த ஏவுகணையை (ASLV-D4) 1994இல் செலுத்தினர். பாடநூலில் கூறப்படுவதுபோல் ஏவுகணை செவ்வனே புறப்பட்டுச் சென்றது! சுழல்தரும் என்ஜினும் ஏவுகணையின் நான்காம் படிவமும் சேர்ந்து நிமிடத்திற்கு 140 சுழற்சிகள் வருமாறு இயங்கின. நான்காம் படிவத்திலிருந்து பிரிந்த கோள் சுற்றுப்பாதையில் வந்தபின், தனது சுழலைக் குறைத்துக் கொண்டது.

முதற்படிவத்தில் அதன் நிலையை வலுப்படுத்த மேலும் சில 'துடுப்புகள்' பொருத்தப்பட்டன. எரிவதற்குப் பயனாகும் மின்னாற்றலும் அதிகரிக்கப்பட்டது. ஏவுகணை எடுத்துச் செல்லும் எடையும் 150கிலோவிலிருந்து 106 கிலோவாகக் குறைக்கப்பட்டது.

ஏவுகணையைக் கட்டுப்படுத்தும் கணிப்பொறிகள் ஒரு புதிய முறையைக் கையாண்டன. அதை 'மூடிய வளைவு வழிப்படுத்தல்' என்று கூறலாம். இதன்படி, ஏவுகணையின் நிலையையும், செல்லும் போக்கையும் ஒவ்வொரு கணமும் அசங்காத உணர்விகள்மூலம் அளவிட்டு, சீராகச் செல்லவேண்டிய வேகத்தையும், போக்கையும் தானே இயங்கும் எண்ணிலக்குக் கணிப்பொறி தரப்பட்ட இலக்கு களுக்கேற்ப மாற்றும். அதற்கேற்ப, கட்டுப்பாட்டு முறை தேவையான

உந்துவிசையை அளிக்கும். இந்தக் கட்டுப்பாடு, இரண்டாம் படிவம் எரிய ஆரம்பித்து மூன்றாம் படிவம் பிரியும் வரை நீடிக்கும். ஏவுகணையின் துவக்கப்பாதையில், 'திறந்த வளைவு வழிப்படுத்தல்' என்ற முறைப்படி, ஏவுகணை செல்ல வேண்டிய போக்கை முன்கூட்டியே முடிவுசெய்திருப்பதால், அதன்படி செல்ல வேண்டுமென கணிப்பொறி ஏவுகணையைப் பணிக்கும்.

மூடிய வளைவு வழிப்படுத்தும் முறை, ஏவுகணை சென்று கொண்டிருக்கும்போதே செயல்பட்டது. படிவங்கள் எரியத் துவங்குவதும், பிரிவதும் உரிய காலத்தில் அம்முறைப்படி நடை பெற்றன. இதற்கு முன் செலுத்திய ஏவுகணைகளைப் போலன்றி, செய்ய வேண்டிய பணிகளை முன்கூட்டியே முடிவு செய்யாமல், ஏவுகணை செல்லும்பொழுதுள்ள அழுத்தத்தையும், வேகத்தையும் கண்காணித்து, பதிவு செய்யப்பட்டுள்ள அளவுகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து, அதற்கேற்ப ஏவுகணை செலுத்தப்பட்டது.

இந்த மாற்றங்கள் பலன் அளித்தன. 113 கிலோ எடையுள்ள கோளை எதிர்பார்த்த உயரத்தைவிட 37 கி.மீ. மேலாகவே, 437 x 938 கி.மீ. சுற்றுப்பாதையில் ஏவுகணை செலுத்தியது. அதனால் கோளிற்கு அளிக்கப்படும் வாழ்நாள் மூன்று அல்லது 4½ ஆண்டுகள் அதிகரித்தது. புதிய முறைகள் பலவற்றின் திறன் உறுதிப் படுத்தப்பட்டது. மற்றொரு கோள் (SROSS-C2) அதன் சுற்றுப் பாதையில் (429x628 கி.மீ) விஞ்ஞானப் பரிசோதனைகளைச் செய்ய செலுத்தப்பட்டது.

திண்ம எரிபொருள்கொண்ட ஏவுகணையை மேலும் வலுப் படுத்தலாம். இந்தத் தொழிற்நுட்பம் உள்நாட்டில் உண்டாக்கப் பட்டது. இந்தியத் தொழில் நிறுவனங்கள் ஏவுகணைக்குத் தேவையான எஃகைத் தயாரித்துள்ளன. உந்து எரிபொருளைக் கட்டும் வேதியலும், ஸிலிகா துணியும் இஸ்ரோ வகுத்தவழிப்படி தயாரிக்கப்பட்டவை. இன்று அம்மோனியம் பெர்குளோரைட் நாட்டின் தொழில்கூடங்களிலும் கிடைக்கின்றது. செயற்கை நார், கரித்துணி ஆகியவற்றை உள்நாட்டிலேயே செய்யத் துவங்கி யுள்ளனர். திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணைகள் இதர நாட்டுக் கோள்களையும் ஏற்றிச் செல்லலாம்.

துருவங்களைச் சுற்றும் பாதையை அடைதல்

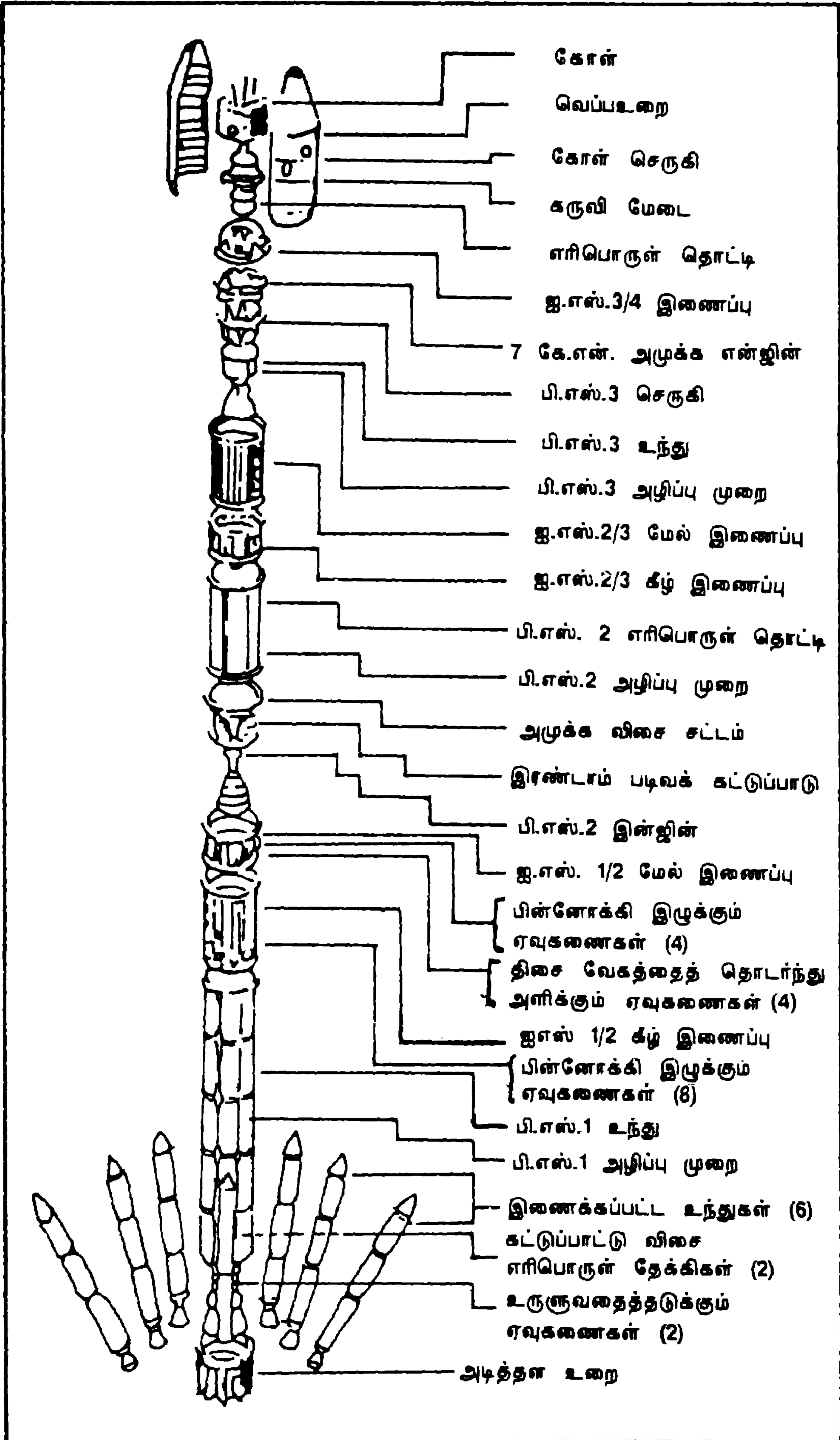
திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணைகள் அதிகத் திறனுடன் செயலாற்ற பல திருத்தங்கள் செய்யப்பட்டுவரும்பொழுது, நீர்ம

எரிபொருள்களைத் தயாரிக்கும் பணியும் மேற்கொள்ளப்பட்டது. புவியின் துருவங்களின் மேல் சென்றுவரும் சுற்றுப்பாதையில் கோள்களைச் செலுத்த, ஒரு புதிய ஏவுகணையைத் தயாரித்தனர். அதன் நோக்கம் 1000 கிலோ எடையுள்ள தொலைஉணர்வுக் கோள்களை துருவங்களைக் கடந்து, கதிரவனுடன் இணைந்து இயங்கும் சுற்றுப்பாதையில் செலுத்துவதாகும்.

பி.எஸ்.எல்.வி (PSLV) என்ற இந்த ஏவுகணையின் உயரம் 44மீ. அதன் நான்கு படிவங்கள் திண்ம நீர்ம எரிபொருள்களை மாறி மாறி பயன்படுத்துகின்றன. (படம் 19) தடத்தைவிட்டு மேலே எழும் பொழுது, அதன் எடை 283 மெட்ரிக் டன்கள். முதற்படிவத்தில் 129 டன் திண்ம எரிபொருள் 2.8 மீ. குறுக்களவுள்ள பிரதான என்ஜினில் உள்ளது. அத்துடன் இணைந்துள்ள ஆறு ஏவுகணைகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒன்பது டன் திண்ம எரிபொருள் உள்ளது. முதற்படிவம் மட்டும் இதற்கு முன் செலுத்தப்பட்ட ஏ.எஸ்.எல்.வி (ASLV) ஏவுகணையின் பிரதான படிவத்தைக் காட்டிலும் 14 மடங்கு வலுவுள்ளது. புதிய ஏவுகணையின் முதற்படிவம் 460 டன் உந்து விசையை அளிக்கும்.

இரண்டாம் படிவம் நீர்ம எரிபொருளை பயன்படுத்துகின்றது. அதில் 37.5 டன் எரிபொருள் (சமச்சீரற்ற இருமீத்தைல் அய்டிராசின் + நைட்ரோஜன் டெட்ராக்சைடு) 72 டன் உந்து விசையை அளிக்கின்றது. மூன்றாம் படிவம் திண்ம எரிபொருளைக் கொண்டு 35 டன் வரை உந்துவிசை அளிக்க வல்லது. நான்காம் படிவத்தில் மீண்டும் நீர்ம எரிபொருளைப் (ஒற்றை மீத்தைல் அய்டிராசின் + நைட்ரோஜனின் ஆக்சைட் கலவை) பயன்படுத்த இரு என்ஜின்கள் உள்ளன. அவை எரிபொருளை ஹீலியம் வளியின் அழுத்தத்தால் பெருகின்றன. (இரண்டாம் படிவத்தில் இறைகுழாய் மூலம் எரிபொருள் செலுத்தப்படுகிறது).

ஏவுகணையை வேண்டிய திசையில் செலுத்த, ஒவ்வொரு படிவத்திலும் அதற்கான கட்டுப்பாட்டு முறை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அசையாத வழிகாட்டும் முறை ஏவுகணையில் உள்ளது; அது ஏவுகணையின் போக்கையும் படிப்படியாக விண்ணில் செல்ல வேண்டிய முறைகளையும் கண்காணித்து ஏவுகணையை செலுத்துகின்றது. காற்று வெளியில் ஏவுகணை செல்லும் 10 வினாடிகளுக்கு மட்டுமே 'திறந்த வளைவு வழிப்படுத்தும்' முறையால், குறிப்பிட்டபடி சென்று, பின்னர் மூடிய வளைவு வழிகாட்டும் முறைப்படி, நீள்பாதையை அடைய தேவையான வேகத்தையும் போக்கையும் ஒவ்வொரு வினாடியும் கணித்துக் கண்காணிக்கின்றது.



படம் 19. *பி.எஸ்.எல்.வி. ஏவுகணையின் துணைப் பகுதிகளின் ஒரு தோற்றம். இந்த ஏவுகணை கதிரவனுடன் இணைந்துள்ள சுற்றுப் பாதையில் தொலை உணர்வுக்கோள் ஒன்றை செலுத்தும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.*

முதற்படிவத்தின் உந்துவிசையை அதிகரிக்க அத்துடன் ஆறு ஏவுகணைகளை இணைத்துள்ளனர். ஆனால் அவற்றில் இரண்டு தான் தரைமட்டத்தில் இயக்கப்பட்டன. ஏவுகணைக்கு நிலைப்பைத் தரவே இங்ஙனம் அமைத்துள்ளனர். முதற்படிவத்தின் நிலைப்பைக் காக்க ஏவுகணையின் உந்துவிசையைக் கட்டுப்படுத்த பக்க வாட்டாக ஒரு விசையை அளிக்கின்றனர். இதற்குத் தனியாக எரிபொருளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

இரண்டாம் படிவத்தின் நீர்ம எரிபொருள் என்ஜின் பிரஞ்சு நாட்டிலிருந்து பெற்ற நுட்பமுறையைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப் பட்டது. ஆனால் அதன் எரிபொருள் எல்லாம் இந்நாட்டிலேயே தயாரிக்கப்பட்டவை. இந்தப் படிவத்தை தமிழ்நாட்டில் மகேந்திர கிரி என்ற இடத்தில் சோதித்து, வெற்றிபெரும் என்று உறுதி கொண்டனர். மூன்றாவது படிவத்தின் என்ஜினும், நான்காம் படிவ என்ஜினும் சோதிக்கப்பட்டன. கோளைப் பாதுகாக்கும் வெப்பப் போர்வையையும் சோதித்தனர்.

பி.எஸ்.எல்.வி கோளின் திறன்

1993 செப்டம்பர் 20ந்தேதி பிஎஸ்எல்வி ஏவுகணை முதல் சீராக்கும் விண்ணோட்டத்தில் ஸ்ரீஹரிகோட்டாவிலிருந்து செலுத்தப்பட்டது. ஆனால் கோளை சுற்றுப்பாதையில் செலுத்த இயலவில்லை. இருப்பினும், ஏவுகணையின் பல உதவி முறைகள் உறுதிப்படுத்தப் பட்டன. துருவங்களைக் கடந்து கதிரவனுடன் இணைந்து இயங்கும் சுற்றுப்பாதையில் 1000 கிலோ எடையுள்ள கோளைச் செலுத்துவதே இந்த ஏவுகணையின் நோக்கம்.

ஏவுகணை செலுத்திய ஐ.ஆர்.எஸ்.-IE என்ற தொலை உணர்வுக்கோள் சரியான சுற்றுப்பாதைக்குக் கீழாக 350 கி.மீ உயரத்தில் சுற்றியது. கோள் செல்ல வேண்டிய சுற்றுப்பாதையின் உயரம் 817 கி.மீ.

கோளைச் செலுத்தும் பணி செப்டம்பர் 16ம்தேதி, (மூன்று நாட்களுக்கு முன்பு) துவங்கியது. பணியின் முன்னேற்றத்தை கீழ்நோக்கி எண்ணிக் குறிப்பிட்டனர். T-72 என்றால், T என்பது ஏவுகணையைச் செலுத்தும் வினாடியைக் குறிக்கும். கழித்தல் குறி துவக்கப் பணிமுடிய இருக்கும் (ஏவுகணை புறப்படும் நேரத்திற்கு) காலத்தைக் குறிக்கும். ஏவுகணையின் துணைப் பகுதிகள் கணிப் பொறிகளாலேயே கண்காணிக்கப்பட்டன. அவ்வப்பொழுது சற்றுத் தாமதம் ஏற்பட்டாலும், பணி தொடர்ந்து நடைபெற்றது. ஏவுகணை

தளத்திலிருந்து எழும்பிச் செல்ல மூன்று வினாடிகளுக்கு முன் முதல் படிவத்தின் இரு வினை கட்டுப்பாட்டு உந்திகள் இயக்கப் பட்டன. ஏவுகணைச் செலுத்தும் உத்திரவு பிறப்பிக்கப்பட்டது. புறப்பட்ட 860 மில்லி வினாடிகளுக்குப் பிறகு (ஒரு வினாடியின் ஆயிரத்தின் ஒரு பகுதியை மில்லி வினாடி என்று அழைக்கின்றனர்), ஏவுகணையை இணைக்கும் கடைசி திருகு விடுவிக்கப்பட்டது. பிறகு, விண்ணோட்டப் பணிகள் துவங்கின. ஏவு மேடையிலிருந்து முதற்படிவம் காற்றுவெளியில் செல்வதுதான் மிகக் கடினமாக அமைந்தது. ஏனெனில், அங்குதான் கட்டுப்பாட்டு சிக்கல்கள் அதிகம் தோன்றும். இணைக்கப்பட்ட சிறு ஏவு கணைகள் 73.3 வினாடிகளுக்குப் பிறகு பிரிந்தன. அடுத்த ஏழு வினாடிகளில் எரிந்து முடிந்த நான்கு இணைந்த ஏவுகணைகளும் பிரிந்தன.

முதல் படிவம் எரிந்த பின் 5 வினாடிகளுக்கு ஏவுகணை அதன் என்ஜின் இயங்காமல் சென்றது. முதல் படிவம் 108.6 வினாடிகளில் பிரிந்தது. இரண்டாவது படிவத்தின் என்ஜின் பிறகு எரிய ஆரம்பித்தது. இரு படிவங்களிடையே உள்ள இணைப்பிலிருந்து இரண்டாம் படிவம் ஏழு பின்னோக்கி இழுக்கும் ஏவுகணைகளால் வெளியேற்றப்பட்டது. 2.8 வினாடிகளுக்குள் அதன் முழு உந்து விசையையும் (72 டன்) அளித்தது. பிறகு ஏவுகணை ஸ்ரீலங்காவிற் கப்பால் பன்னாட்டுக் கடலுக்கு மேலாகச் சென்று துருவத்தைக் கடந்து தனது சுற்றுப்பாதையில் சென்றது. 155.6 வினாடிகளுக்குப் பிறகு கோளின் வெப்ப உறை இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு வெளியேற்றப்பட்டது.

மூன்றாம் படிவம் 265.7 வினாடிகளுக்குப் பின் இயக்கப் பட்டது; அப்பொழுது, 24954 கி.மீ உயரத்தில் ஏவுகணை வினாடிக்கு 3.83 கி.மீ. வேகத்தில் சென்று கொண்டிருந்தது. இரண்டாம் படிவம் பிரியும்பொழுது, எதிர்பார்க்காத பெரிய இடையூறு தோன்றியது. அதைத் தவிர்க்க முடியாததால், ஏவுகணை அசாதாரணமான கோணத்தில் சென்று, மூன்றாவது படிவம் பிரியும்பொழுது திட்டமிட்ட 414 கி.மீ. உயரத்திற்குப் பதில், 340 கி.மீ. உயரத்தை எட்டியது. திசைவேகமும் திட்டமிட்ட வினாடிக்கு 5.98 கி.மீக்குப் பதிலாக 3.54 கி.மீ. தான் இருந்தது. உயரமும், திசை வேகமும் குறையவே, ஏவுகணை சுற்றுப்பாதைக்குக் கீழான பாதையில் சென்றது.

நான்காவது படிவ என்ஜின் திட்டமிட்டபடி 565.2 வினாடிகளில் எரிய ஆரம்பித்து, முழு உந்துவிசையை அளித்தது. இந்த விண்ணோட்டம் சரியாக இருந்திருந்தால் நான்காம் படிவம்

தொடர்ந்து சென்றிருக்கும். ஏவுகணையிலிருந்து கிடைத்த தொலை அளவுகள், அதன் துணை உறுப்புகள் அநேகமாக எல்லாம் சரியாக இயங்கியதாக அறிவித்தன. ஏவுகணை சென்றதை ஸ்ரீஹரி கோட்டா, திருவனந்தபுரம் ஆகிய இடங்களிலிருந்து தொடர்ந்து கண்காணித்தனர். ஏவுகணைப் பற்றிய விவரங்களை ஒரு பில்லியனுக்கும் அதிகமான அலகுகளாக (பைட்டுகளாகக்) கணிப் பொறியில் பதிவு செய்தனர்.

ஏவுகணையின் இரண்டாவது படிவத்தை மூன்றாவது படிவத்திலிருந்து பிரிக்க, பின் இழுத்த சிறிய என்ஜின் ஒன்று சரியாக வேலை செய்யவில்லை. இந்த நிலையை மேலும் சீர் குலைக்கும்படி, இரண்டாம் படிவம் வெளியேற்றப்பட்ட பிறகு, மூன்றாம் படிவம் இயங்க ஆரம்பிக்கு முன்பு, சுமார் மூன்று வினாடி களுக்குக் கட்டுப்பாடற்ற நிலை தோன்றியது. அப்பொழுதும் ஏவுகணை தன் பயணத்தைத் தொடர்ந்திருக்கும். ஆனால் கட்டுப்பாட்டு மென்பொருளில் ஒரு பிழை தோன்றியது. பின்னர், அந்த நிலையை செயற்கையாக ஏற்படுத்தி பரிசோதித்ததில் என்ன நேர்ந்தது என்று தெரிய வந்தது. மோசமான நிலைமையை சமாளிக்கச் செலுத்தப்பட்ட கட்டளை, மென்பொருளின் பிழையால் கட்டுப்பாட்டு முறைக்குத் தவறான கட்டளையாகச் சென்றுவிட்டது. பிழையைத் திருத்துவதற்குப் பதில், பிழையை அதிகரித்துவிட்டது. இந்தப் பற்றாக்குறைகளை பின்னர் அநேக பரிசோதனைகள் செய்து நீக்கினர்.

வல்லுநர் குழு ஒன்று மென்பொருள் பிழையைத் தேடியதில், அக்குறை ஏவுகணையின் மேலுங்கீழும் இயங்கும் அச்சின் கட்டுப் பாட்டு முறையில் இருந்தது என்று கண்டுபிடித்தது. இதர செயல்முறைகள் எல்லாம் சரிவர இயங்கியதாகவும், ஏவுகணையின் அடிப்படை அமைப்பில் குறை ஒன்றுமில்லை என்றும் அறிவித்தனர். இத்தகைய சிக்கலான பெரிய ஏவுகணையின் சீராக்கும் பயணங் களில் சில குறைபாடுகள் தோன்றுவது இயல்பே.

இந்த ஏவுகணையின் பயணம் பல தொழிற்நுட்பங்களை உறுதிப்படுத்தியது. முதல் படிவத்துடன் இணைக்கப்பட்ட ஆறு ஏவுகணைகளும், விசை அதிகரிக்கும் திண்ம எரிபொருள்கொண்ட ஏவுகணையை விண்ணில் செலுத்தி சோதித்தன; திண்ம எரி பொருள் கொண்ட மூன்றாவது படிவமும், ஆறு கணிப்பொறிகளும்; புதிய கட்டுப்பாட்டு முறைகளும், இரு திரவ எரிபொருட் படிவங்களும், பெரிய அளவு வெப்பக் கவசமும், படிவங்களைப் பிரிக்கும் கருவிகளும் திறமையாகச் செயல்படுவது உறுதியாயிற்று.

மேலும், பல பணிகளை ஏவுகணையின் கணிப்பொறிகளே மதிப்பிட்டு ஏவுகணைக்கு வழிகாட்டின.

முழு வெற்றி

அடுத்த பி.எஸ்.எல்.வி. D2 ஏவுகணையை செலுத்தும் பணி முழு வெற்றியாக அமைந்தது. 1994 அக்டோபர் 15, அந்த ஏவுகணை ஸ்ரீஹரிகோட்டாவிலிருந்து அனல் தெறிக்கப் பாய்ந்துசென்றது. சரியாக 17 நிமிடங்களில், ஐ.ஆர்.எஸ்–P2 (IRS–P2) என்ற 804 கிலோ எடையுள்ள கோளை 820 கி.மீ. உயரத்தில் துருவங்களைக் கடந்து கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தியது.

இந்த ஏவுகணையின் உயரமும் 44 மீட்டராகவே இருந்தது. நான்கு படிவங்கள் கொண்ட ஏவுகணையின் எடை புறப்படும் பொழுது 283 மெட்ரிக் டன்னாக இருந்தது.

பிரதான முதற்பகுதியும், இரு இணை ஏவுகணைகளும் முதலில் எரியவிடப்பட்டன. 30.6 வினாடிகளுக்குப் பிறகு, மற்ற நான்கு இணை ஏவுகணைகளும் இயங்கின. சுமார் 90 வினாடிகளுக்குள் இணைந்துள்ள ஏவுகணைகள் பிரிந்து வீழ்ந்தன.

முதற்படிவத்தின் பிரிவும், இரண்டாம் படிவத்தின் இயக்கமும் 111 வினாடிகளில் ஒரே சமயத்தில் நிகழ்ந்தன. வெப்பக் காப்பு 154 வினாடிகளில், ஏவுகணை காற்றுவெளியிலிருந்து வெளியேறிய பிறகு, 117 கி.மீ. உயரத்தில் அகற்றப்பட்டது. இரண்டாம் படிவத்தின் பிரிவும், மூன்றாம் படிவத்தின் இயக்கமும் 261 வினாடிகளில் நிகழ்ந்தன. திட எரிபொருள்களால் இயங்கிய மூன்றாவது படிவம் 380 வினாடிகளில் வெளியேற்றப்பட்டு கீழ்நோக்கி விழுந்தது. இந்தியக் கடலின்மேல் 421 கி.மீ. உயரத்தில் நெடுநேரம் என்ஜின்கள் மூடப்பட்ட நிலையில் ஏவுகணை 'பறந்து' சென்றது. சுமார் இரு நிமிடங்களுக்குப் பிறகு, 591.4 வினாடிகளுக்குப் பிறகு, நான்காம் படிவ என்ஜின் இயங்கத் துவங்கி, 988.2 வினாடிகளில் நின்றது.

புறப்பட்ட 1,012 வினாடிகளுக்குப் பிறகு, ஏவுகணை எடுத்துச் சென்ற கோள் 820 கி.மீ. உயரத்தில் சுற்றுப்பாதையில் விடப்பட்டது. கோளின் சாய்வு 98.8° ஆக, திட்டமிட்டபடி இருந்தது. ஏவுகணையின் கதிர்வீச்சுப் பலகைகள் தாமாகவே திறக்கப்பட்டு இயங்கின. புறப்பட்ட 157 வினாடிகளில் ஏவுகணையில் உள்ள கணிப்பொறியும், வழிகாட்டியும், குறிப்பிட்டபடி இயங்கத் துவங்கி, ஏவுகணையை சரிவர செலுத்தி சுற்றுப்பாதையில் கோளையும் செலுத்தியது.

கோள் மூன்று அச்சு அடிப்படையில் நிலைப்புக் கொள்ளுமாறு

செலுத்தப்பட்டது. இந்த நிகழ்ச்சியை மொரீஷியஸ் நிலையம் கண்காணித்தது. இஸ்ரோவின் ஒருங்கிணைந்த கட்டுப்பாட்டு முறை பெங்களூர், லக்னோ, மொரிஷீயஸ் ஆகிய இடங்களில் உள்ள மையங்கள்மூலம் செயல்படுத்தப்பட்டது.

ஏவுகணை செலுத்தப்பட்ட 98 நிமிடங்களுக்குப் பின்னர், ஹைதராபாதில் உள்ள தேசிய தொலை உணர்வு நிலையம், கோள் அனுப்பிய முதல் விவரங்களைப் பதிவு செய்தது.

செயற்கை நிகழ்ச்சிகளை ஏற்படுத்தி, பிழைகளைக் கண்டு கொள்ள பல பரிசோதனைகளை செய்தனர். மேலும், ஏவு கணையின் படிவங்கள் பிரிவதற்கு அதிக கால அளவு தரப்பட்டது.

இந்த முழுவெற்றியை நாட்டின் விண்வெளித்திட்டத்தின் முன்னேற்றப் பாதையில் ஒரு சிறப்பான மைல்கல் என்று கூறலாம். பன்னிரண்டு ஆண்டுகளின் கடும் உழைப்பு இறுதியில் பலனளித்தது. கட்டுப்பாட்டுடன் விண்வெளிச் சுற்றுப்பாதையில் கோளைப் புகுத்தும் திறன் முழுவதையும் இஸ்ரோ அடைந்தது. புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்று வெளியில் கோள்களைச் செலுத்தும் திறமை வாய்ந்த ஆறாவது நாடாக உலகில் இன்று இந்தியா விளங்குகின்றது.

இந்த ஏவுகணையின் வெற்றிக்குப் பிறகு, அதற்கு முன் செலுத்திய ஏ.எஸ்.எல்.வி என்ற ஏவுகணையை செலுத்த வேண்டிய அவசியம் இல்லாததால், பழைய வரிசையில் உள்ள ஏவுகணை களை மேலும் தயாரிக்க வேண்டியதில்லை என்று முடிவு செய்தனர். சுற்றுப்பாதையில் சற்றே மாறுதல்கள் செய்யப்பட்ட பிறகு, ஐ.ஆர்.எஸ்.-P2 1994 நவம்பரில் முறைப்படி இயங்குமென்று அறிவிக்கப்பட்டது. கோள் சென்ற சுற்றுப் பாதையின் அண்மைத் தொலைவை ஒரு நிலைஆக்கி, குறிப்பிட்ட நிலப்பாதைக்கு மேல் கோள் செல்லுமாறு அமைத்தனர்.

மூன்றாவது சீராக்கும் ஏவுகணை

1996இல் மற்றொரு பி.எஸ்.எல்.வி மூன்றாவது சீராக்கும் ஏவுகணையாகச் செலுத்தப்பட்டது. ஐ.ஆர்.எஸ்–P3 (IRS–P3) என்ற தொலை உணர்வுக் கோளை ஏற்றிச் சென்று வெற்றி கண்டது. இந்த ஏவுகணையின் மூன்றாவது படிவத்தின் பொருண்மையைச் சற்று குறைத்தனர். ஸ்ரீஹரிகோட்டாவில் வீசும் காற்றின் வேகத்தை ஒரு மாதகாலம் ஆராய்ந்து, ஏவுகணையின் நீள்வட்டப் பாதையை நிர்ணயித்தனர்.

இக்கோளுடன், ஒரு ஜெர்மானிய ஒளி, மின்னணுவைக் கொண்டு அலகிடும் கருவியையும் ஏவுகணை ஏற்றிச் சென்றது.

1997இல் பி.எஸ்.எல்.வி-C1 மற்றொரு தொலை உணர்வுக் கோளை ஏற்றிச் சென்றது. ஆனால் திட்டமிட்டபடி 817 கி.மீ.ல் வட்டமான சுற்றுப்பாதைக்குக் கீழாக, ஒரு நீள்வட்ட சுற்றுப் பாதையில் கோளை செலுத்தியது. விஞ்ஞானிகள் சளைக்காமல் உன்னிப்பாக பல கணக்குகளைப் போட்டு, கோளின் எரி பொருளை சிக்கனமாகப் பயன்படுத்தி சுற்றுப்பாதையின் பரிமாணங்களை மாற்றினர். இறுதியில், அண்மைத் தொலைவை 821 கி.மீட்டரில் நிறுத்தி, சுற்றுப்பாதையைப் பயனுள்ளதாக மாற்றினார்கள். நிலமையக் கட்டுப்பாட்டுக் குழுவினர், இன்றைய உலகின் உயர்ந்த திறனைப் பெற்றுள்ளனர் என்பதை உறுதிப் படுத்தினர்.

இரண்டு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, 1999ல் ஐ.ஆர்.எஸ்.–P4 என்ற கடற்கோள், துருவங்களைக் கடந்து கதிரவனுடன் இணைந்துள்ள சுற்றுப்பாதையில் பி.எஸ்.எல்.வி–C2 மூலம் செலுத்தப்பட்டது. அக்கோளின் எடை 1050 கிலோவாகும். அத்துடன் இரு வெளி நாட்டுக் கோள்களும் செலுத்தப்பட்டன. ஒன்று, ஜெர்மனியின் 'டப்சாட்' (TUBSAT-107 கிலோ); இன்னொன்று கொரியாவின் 'கிட்சாட்' (KITSAT-45 கிலோ). இக்கோள்களும் வெற்றிகரமாகச் செலுத்தப்பட்டன. 2001இல் மற்றொரு பி.எஸ்.எல்.வி. இரண்டாம் முறையாக மூன்று கோள்களை ஒரே சமயத்தில் செலுத்தியது. அவற்றில் ஒன்று இந்தியாவின் தொழில்நுட்ப பரிசோதனைக்கோள். மற்றவை ஜெர்மானிய, பெல்ஜிய நாடுகளின் கோள்கள்.

ஒரு பி.எஸ்.எல்.வி, ஏவுகணை 1200 கிலோ எடையுள்ள கோளை 800 கி.மீ. துருவ வழியில் செலுத்த இயலுவதால், 100 முதல் 150 கிலோ எடையுள்ள வெளிநாட்டுக் கோள்களையும் எடுத்துச் செல்ல இயலும் என்று கருதினர். புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களை செலுத்தத் துவங்கியதும், பி.எஸ்.எல்.வியின் படிவங்களைப் பலவிதமாகக் கலந்து, புதிய ஏவுகணை அமைப்பு களையும் உருவாக்கலாம். பிறநாட்டுக் கோள்களை வணிக அடிப் படையிலும், நட்பை வளர்க்கவும் ஏற்றிச் செல்லலாம். உலகப்புகழ்பெற்ற அரியான் ஏவுகணையை செலுத்தும் ஐரோப்பிய நிறுவனம் இஸ்ரோவுடன் கூட்டிணைந்து வணிக அடிப்படையில் கோள்களை செலுத்தக்கூடும்.

பி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணை நாட்டில் பல புதிய தொழில் நுட்பங்கள் வளர உதவியுள்ளது. அவற்றுள் சில: சிறப்பான எஃகு;

எஃகால் செய்யப்பட்ட குழாய்கள்; அதிக ஆற்றல் வாய்ந்த திட எரிபொருளை உண்டாக்கி உற்பத்தி செய்தல்; என்ஜின்கள் எரிய ஆரம்பிக்க உதவும் வேதிப் பொருள்கள்; சோதனைக்கூடம் அமைத்தல்; கணிப்பொறிகளைக் கொண்டு ஏவுகணையின் பல்வேறு கட்டுப்பாட்டு முறைகளை செயல்படுத்துதல் போன்றவை. ஏவுகணைக்கு வழிகாட்டும் தொழில்நுட்பம் மிகத் துல்லியமாக இயங்க வேண்டும். ஏனெனில், 904 கி.மீ. உயரத்தில் உள்ள கோளின் சுற்றுவழி 15 கி.மீ. வரைதான் அதன் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்லலாம். கோளின் சாய்விலும் 0.1° தான் வேறுபடலாம்.

ஏவுகணையை உருவாக்கவும், செலுத்தவும் உதவ பல்வேறு நிறுவனங்களும், அமைப்புகளும் இயங்கி வருகின்றன. ஸ்ரீஹரி கோட்டாவின் பிரதான ஏவுகணைத்திடலில், 3000 டன் எடையுள்ள நடமாடும் பராமரிப்புக் கோபுரமும் அடித்தளமும் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. ஏவுகணையின் உந்துவிசையையும், வெப்ப நிலையையும், அழுத்தத்தையும் மதிப்பிட பல சோதனைக்கூடங் களும் உள்ளன. அம்மோனியம் பெர்குளோரைட் உற்பத்தி செய்ய ஆலப்புழையில் ஒரு தொழிற்சாலையும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இலேசான பல புதிய பொருள்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. குறிப்பாக, வெப்பக் காப்புறைகளுக்கும், ஒளிபரப்பி வளையங் களுக்கும் தேவையான செயற்கைத் துணி வலுப்படுத்தப்பட்ட பிளாஸ்டிக்கால் செய்யப்பட்டுள்ளது. இதற்குப் பதிலாகப் பயன்படும் கேவ்லார் என்ற பருப்பொருளையும் செய்துள்ளனர்; மேலும், பல பொருள்களையும், அவற்றின் கலவைகளையும் விண்வெளியில் இயங்கக் கூடுமா என்று சோதித்து வருகின்றனர். அவற்றுள் அலுமினியக் கலவை, மக்னீசியக் கலவை, டங்க்ஸ்டன், கிராபைஃட், வனைபொருள் (சிராமிக்ஸ்), காந்தவிசைகொண்ட பொருள்கள் போன்றவை உட்படும்.

ஜி.எஸ்.எல்.வி.: ஒரு ஆற்றல் மிக்க ஏவுகணை

துருவங்களைக் கடந்து கதிரவனுடன் இணைந்து செல்லும் கோள் களைச் செலுத்த, சுமை இழுக்கும் குதிரைபோல், பி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணை உதவுகின்றது. முறையாகச் செயல்பட்ட முதல் பயணத்தில், அந்த ஏவுகணை 1200 கிலோ எடையைக் கொண்டு சென்றது. சற்று வலுப்படுத்தினால், 1500 கிலோ வரையுள்ள எடையை, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்கள் செல்லும்

வழிக்கும் இந்த ஏவுகணையை எடுத்துச் செல்ல முடியும். இத்தகைய சுற்றுப்பாதையில் மெட்சாட் என்ற வானிலை ஆய்வுக் கோளை செலுத்த உள்ளனர். ஆனால் அந்தச் சுற்றுப் பாதையில் பி.எஸ்.எல்.வியால் 2000 கிலோவிற்குக் குறைவாகவே கொண்டு செல்ல இயலும். இரண்டு டன் அல்லது அதற்கு அதிகமான எடையுள்ள கோள்கள் இப்பொழுதெல்லாம் அந்தச் சுற்றுப் பாதையில் தேவைப்படுகின்றன. தகவல் தொடர்பு, தொலைக் காட்சிக் கோள்களின் எடை அதிகரித்துக் கொண்டே வருகின்றது. அத்தகைய கோள்களைச் செலுத்த, மற்றொரு விதமான ஏவுகணைத் தேவைப்படுகின்றது. அதை ஜிஎஸ்எல்வி (GSLV) என்று அழைக்கின்றனர். அதாவது, அந்த ஏவுகணை புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களைச் செலுத்த வல்லது என்று குறிப்பிடுகிறார்கள்.

இத்தகைய ஏவுகணையை வெளிநாட்டில் வாங்கிவிட முடியும். ஆனால், கோளை அமைப்பதைக் காட்டிலும், அதைச் செலுத்து வதற்கு அதிகம் அன்னிய செலாவணியில் பணம் தரவேண்டி வருகிறது. மேலும், நாட்டின் அன்றாட வாழ்வில் இன்சாட் கோள்கள் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. இந்தியா போன்ற நாட்டில், இத்தகைய கோள்களைச் செலுத்தும் ஆற்றல் உள் நாட்டிலேயே இருக்கவேண்டியது அவசியம். உலக அரசியல் போக்குகளுக்கேற்ப அத்தகைய ஆற்றலைப் பெறுவது உகந்தது அல்ல. ஆகவே, நம் நாட்டிலேயே இத்தகைய ஆற்றல்மிக்க ஏவுகணைகளை உருவாக்கிச் செலுத்த 1990இல் முடிவு செய்யப்பட்டது.

பி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணை புதிய ஏவுகணையை அமைக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. ஜி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணை மூன்று படிவங்களைக் கொண்டது. மூன்றாவது படிவத்தில் ரஷ்யாவிட மிருந்து வாங்கியுள்ள தண்ணியல் உந்துவிசை அளிக்கும் என்ஜின் உள்ளது. புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளைச் செலுத்தத் தேவையான உந்துவிசையை தண்ணியல் எரிபொருள்களே அளிக்க முடியும். இத்தகைய என்ஜினும், படிவமும் நம் நாட்டிலேயே உருவாக்கப்பட்டு வருகின்றது. இதற்கிடையில், ஏழு ரஷ்ய என்ஜின்களை வாங்கி ஏவுகணைகளைச் செலுத்தத் திட்டமும் உள்ளது.

ஜி.எஸ்.எல்.வியின் தற்பொழுதுள்ள வடிவப்படி, அதன் முதற் படிவ பிரதான என்ஜினும், இரண்டாம் படிவ என்ஜினும், பி.எஸ்.எல்.வியின் அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும், பி.எஸ்.எல்.வியின் இரண்டாம் படிவத்தில் உள்ள நீர்ம எரிபொருள் கொண்ட படிவத்தின் அடிப்படையில், ஜி.எஸ்.எல்.வியின்

இரண்டாம் படிவமும், முதற்படிவத்துடன் இணைந்துள்ள நீர்ம என்ஜின்களும் அமைந்துள்ளன. (படம் 20)

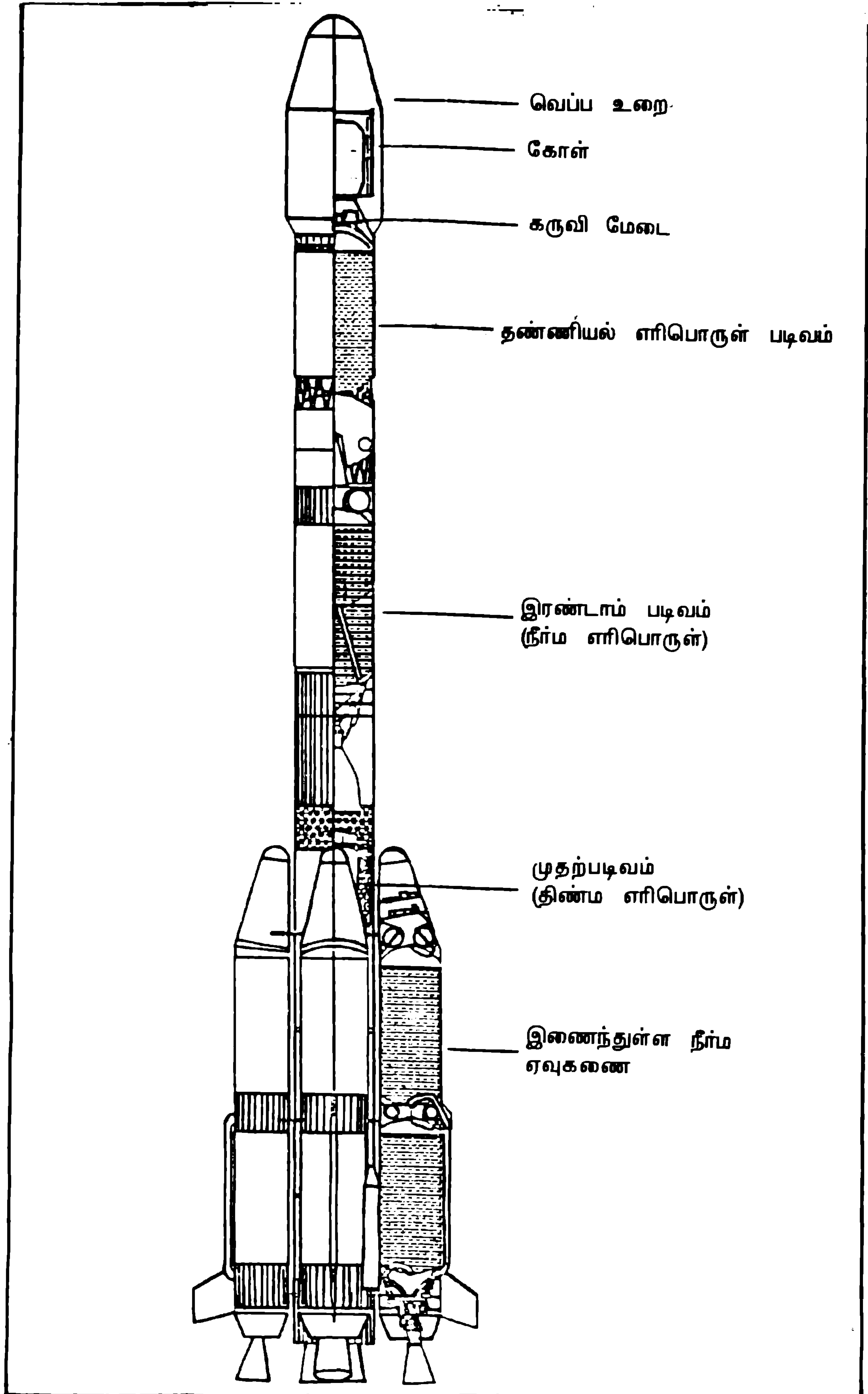
ஜி.எஸ்.எல்.வியின் முதற்படிவத்தின் உயரம் 49 மீ. அதன் முதற்படிவத்தின் உட்புற என்ஜின் திண்ம எரிபொருளைக் கொண்டது. அத்துடன் நான்கு நீர்ம எரிபொருள் என்ஜின்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. முதற்படிவம் 20.3 மீ. நீளமும், 2.8மீ. குறுக் களவும் கொண்டது. இதில் 129 டன் திண்ம எரிபாருள் உள்ளது. இணைக்கப்பட்ட என்ஜின்கள் ஒவ்வொன்றும் 19.7 மீ. நீளமும், 2.1 மீ. குறுக்களவும் கொண்டன. அவை ஒவ்வொன்றும் 40 டன் நீர்ம எரிபொருளை ஏற்றிச் செல்கின்றன.

இக்கோளின் இரண்டாவது படிவத்தின் நீளம் 11.6 மீ; அதன் குறுக்களவு 2.8 மீ. இது 38 டன் நீர்ம எரிபொருளை கொண்டு செல்லும். மூன்றாவது படிவத்தில் தண்ணியல் உந்துவிசை என்ஜின் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த என்ஜினை ரஷ்யாவிலிருந்து வாங்கியுள்ளனர். நீர்ம நீர்வளியை எரிக்கப்படும் பொருளாகவும், நீர்ம உயிர்வளியை எரியவைக்கும் பொருளாகவும் அந்த என்ஜின் கொண்டுள்ளது. மூன்றாம் படிவம் 8.7 மீ. நீளத்தையும், 2.8 மீ. குறுக்களவையும் கொண்டது. ஒட்டுமொத்தமாக 12.5 டன் எரி பொருள்களை ஏற்றிச் செல்கின்றது.

மூன்று படிவங்கள் அளிக்கும் உந்துவிசை எவ்வளவு என்று குறிப்பிட்டுள்ளனர். முதற்படிவம், 4700 கிலோ நியூட்டன் (விசையைக் குறிப்பிடும் அலகு) விசையை 100 வினாடிகளுக்கு அளிக்கின்றது. இணைக்கப்பட்ட நீர்ம என்ஜின்கள் ஒவ்வொன்றும், இரண்டாம் படிவ நீர்ம என்ஜினும், முறையே 680 கிலோ, 700 கிலோ நியூட்டன் விசையை அளிக்கின்றன. இணைக்கப்பட்ட என்ஜின் 160 வினாடிகளும், இரண்டாம் படிவம் 150 வினாடிகளும் எரிகின்றன. மூன்றாம் படிவம், 7.5 கிலோ நியூட்டன் விசையை 720 வினாடிகளுக்கு அளிக்கின்றது.

இந்த ஏவுகணையில் பல புதிய உறுப்புகளை பொருத்தி யுள்ளனர். அவற்றில் ஒன்று: முதலிரண்டு படிவங்களிடையே துளையுள்ள இடைப்படிவம். இதனால், முதற்படிவம் தனது உந்துவிசையை முடிக்கும் தருணத்திலேயே இரண்டாம் படிவம் இயங்கத் துவங்க முடியும்.

ஏவுகணையின் மேற்பகுதியில் வைக்கப்பட்டுள்ள கருவிகள் ஏவுகணையைக் கட்டுப்படுத்தி, வழிகாட்டி, குறிப்பிட்ட பாதையில் செலுத்தி, நிலமையத்திலிருந்து வரும் கட்டளைகளை நிறைவேற்றி செயல்பட உதவுகின்றன. மின்னணுக் கருவிகளையும், கோளையும்



படம் 20. புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளை ஏற்றிச் செல்லும் இந்திய ஏவுகணை (ஜி.எஸ்.எல்.வி).

அவை காற்றுவெளிக்குள்ளிருந்து வெளியேறும் பொழுது பாது காப்பதற்காக வெப்பப் போர்வை ஒன்றையும் செய்து பொருத்தி யிருந்தனர்.

ஏவுகணையின் போக்கு

ஏவுகணை தனது கோளை சுற்றுப்பாதையில் கொண்டு விடுவதற்கு முன், சுமார் 150 நிலைமாறும் நிகழ்ச்சிகளை நிறைவேற்ற வேண்டும். தடத்திலிருந்து மேல்நோக்கிச் சென்று, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதைக்குச் செல்லுமுன், புவிக்கு அருகே செல்லும் மாற்று வழிப் பாதையை அடைய சுமார் 17 நிமிடங்கள் பிடிக்கின்றன.

தடத்திலிருந்து புறப்பட 10 வினாடிகளுக்கு முன்பே, ஏவுகணையில் உள்ள கணிப்பொறி ஏவுகணையைச் செலுத்தும் கட்டுப்பாட்டை ஏற்றுக் கொள்கின்றது. முதற்கண், முதற்படிவத்தில் இணைந்துள்ள நீர்ம என்ஜின்களை இயக்குகின்றது. அவை 4.6 வினாடிகள் எரிந்து, வேண்டிய திசைவேகம் கிடைத்தபின், முதற் படிவத்தின் பிரதான திண்ம எரிபொருள் என்ஜினை செயல்படுத்து கின்றது. அந்த என்ஜின் 100 வினாடிகள் எரிகின்றது, இணைந் துள்ள என்ஜின்கள் 160 வினாடிவரை எரிகின்றன. இதற்குள் ஏவுகணை 73 கி.மீ. உயரத்திற்குச் சென்றுவிடும். முதற்படிவம் பிரிவதற்கு 1.6 வினாடிக்கு முன்பே, நீர்ம இரண்டாம் படிவம் எரியத் தொடங்குகிறது. சுமார் 150 வினாடிகள் எரிந்த பின் 127 கி.மீ. உயரத்தில், புறப்பட்ட 314 வினாடிகளுக்குப் பிறகு, பிரிந்து விழுகின்றது. இதற்கிடையே, கோளைக் காத்துவந்த வெப்பப் போர்வை 115கி.மீ. உயரத்தில் பிரிக்கப்படுகின்றது.

இரண்டாம் படிவம் பிரிந்தபின், மூன்றாம் படிவம் இயங்க ஆரம்பிக்கின்றது. மூன்றாம் படிவத்துத் தண்ணியல் உந்துவிசை என்ஜின் சுமார் 710 வினாடிகள் இயங்குகின்றது. சுமார் 195 கி.மீ. உயரத்தில் கோளும், கருவிகளைக் கொண்ட தளமும் மூன்றாம் படிவத்திலிருந்து பிரிக்கப்படுகின்றன. அதற்குச் சற்றுமுன், தண்ணியற் படிவம் கோளிற்கு வினாடிக்கு 10.2 கி.மீ. உந்து விசையை அளிக்கின்றது. சுற்றுப்பாதையில் செல்லத் தேவையான உந்து விசையில் அரைப்பங்கை தண்ணியல் என்ஜின் அளிக்கின்றது. சாதாரணமாக, ஒரு நீண்ட நீள்வட்ட சுற்றுப்பாதை (முட்டை வடிவத்தில்) 180 கி.மீ. (+ அல்லது -5 கி.மீ.) x 35,975 (+ அல்லது - 675 கி.மீ.) என்ற அளவில் அமைகின்றது. இந்த மாற்றுச் சுற்றுப் பாதையில் கோள் செலுத்தப்பட்ட பிறகு, தண்ணியல் படிவத்

திலுள்ள எஞ்சிய எரிபொருள் அனைத்தையும் வெளியேற்றி, அப்படிவம் கோளுடன் மோதாதபடி, பிரிந்த படிவத்தின் போக்கை மாற்றுகின்றனர்.

ஏவுகணை (401 டன்) தள்ளாடாமல் செல்ல, மூன்று அச்சு சார்ந்த நிலைப்பை அடைய ஒவ்வொரு படிவத்திலும் தானே இயங்கும் கணிப்பொறி சார்ந்த கட்டுப்பாட்டு முறை உள்ளது. ஏவுகணையில் உள்ள அசையாத வழிகாட்டி, ஏவுகணை தடத்தி லிருந்துத் தாவி மேலே சென்று சுற்றுப்பாதையை அடையும்வரை, அதன் வேகத்தையும், போக்கையும் கணக்கிட்டு வழிநடத்துகின்றது. எண்ணிலக்கக் கணிப்பொறி கோளை சரியான சுற்றுப்பாதையில் புகுத்துகின்றது.

ஏவுகணையிலிருந்தும், கோளிலிருந்தும் வரும் விவரங் களிலிருந்து ஏவுகணை செவ்வனே செயல்படுகின்றதா என்று கண் காணிக்க இயலும். தொலைஆணைமூலம் சென்று கொண்டுள்ள ஏவுகணையை, அது பாதை தவறிச் சென்றால், அழித்துவிடவும் முடியும். ஏவுகணை செல்லும்போதே அதன் விவரங்களை உடனுக்குடன் அறிந்துகொள்ள பல நாடுகளிலும் (இந்தோனேசியா, புரூனை), போர்ட் பிளேர் (நம் நாட்டில் அந்தமான் தீவில் உள்ளது) ஆகிய இடங்களிலும் கண்காணிப்பு மையங்கள், ஸ்ரீஹரிகோட்டாவுடன் நேரடித் தொடர்பு கொள்கின்றன.

ஜி.எஸ். எல்.வி. ஏவுகணையில் நூற்றுக்கணக்கான துணை முறைகள் உள்ளன. தனியார் துறையிலும் பொதுத்துறையிலும் சுமார் 150 நிறுவனங்கள் ஏவுகணையைச் சார்ந்த பணிகளில் ஈடுபட்டிருந்தன.

ஸ்ரீஹரிகோட்டாவில் ஏவுகணைக்கு வேண்டிய பொருட் களை வைத்து பாதுகாக்கவும், சோதிக்கவும் பல அமைப்புகள் உள்ளன. 75 மீ. உயரமுள்ள நடமாடும் பராமரிப்புக் கோபுரம் ஏவுகணையை ஒருங்கே சேர்க்க உதவுகின்றது. பல ராடார்களும், துணை உறுப்புகளைச் சேர்த்து சரிபார்க்கும் வசதிகளும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஏவுகணைகளை அடிக்கடி செலுத்த உதவும்படி, இரண்டாவது ஏவு தளத்தையும் அமைத்து வருகின்றனர்.

முதல் ஜி.எஸ்.எல்.வியின் நோக்கம் இத்தகைய ஏவுகணையை உருவாக்கி, பரிசோதித்து, செலுத்தி அந்த முயற்சியை மதிப்பிடுவதே இருப்பினும், அத்தகைய ஏவுகணை, பரிசோதனைக்கோள் ஒன்றைக் கொண்டு செல்லும் வாய்ப்பை அளிக்கின்றது.

கிராமங்களில் தகவல் தொடர்பு மேம்பாடு அடைய உதவும் முறைகளையும், நவீன தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு முறைகளையும் பரிசோதிக்க இத்தகைய கோள் உதவுகின்றது. ஜீசாட்1 என்ற பெயரில் 1540 கிலோ எடையுள்ள கோள் ஒன்றை உருவாக்கி, முதல் ஜி.எஸ்.எல்.வியில் கொண்டு சென்றனர். விண்மீன்களின் நிலையைக் கொண்டு கோளின் போக்கை சரிபார்க்கும் முறையையும், சிறிய அளவில் (10 நியூட்டன்) உந்துவிசை தரும் ஏவுகணைகளையும் கோளில் பொருத்திப் பரிசோதித்தனர். கோள்மூலம், எண்ணிலக்கப்படி வானொலி அலைகளை அனுப்புதல், இன்டர்நெட் தொடர்புகளைக் கையாளுதல், இறுக்கப் பட்ட மின்காந்த அலைகள்மூலம் தொலைக்காட்சிகளைச் செலுத்துதல் போன்ற பல புதிய முறைகளை பரிசோதிக்கவும் திட்டமிட்டிருந்தனர்.

வெற்றிக்கும் தோல்விக்குமிடையே ஒரு வினாடி

பல ஆண்டுகளின் உழைப்பின் பலன் ஏவுகணை செல்லும் ஒரு சில நிமிடங்களில் தெரிந்துவிடுகின்றது. விண்ணில் செலுத்தினால் தான், ஏவுகணை இயங்கும் முறையை முழுமையாகப் பரிசோதிக்க முடியும். பத்தாண்டுகளுக்கு மேலாக 18,000 நபர்கள் பணிபுரிந்த திட்டத்தின் வெற்றியைக் காண 2001இல் பலரும் ஆவலாக ஸ்ரீஹரி கோட்டாவில் குழுமியிருந்தனர். ஏவுகணையை திடலில் நிறுத்தி புறப்பட ஏற்பாடு செய்ய 74 நாட்கள் பிடித்தன.

2001, மார்ச் 28ம் தேதி மாலை 3½ மணி அளவில் முதல் ஜிஎஸ்எல்வி புறப்படத் தயாராக இருந்தது. பின்னோக்கி எண்ணும் கட்டளைத் தொடர் துடங்கலன்றிச் சென்று கொண்டிருந்தது. பல கிலோமீட்டர்களுக்கப்பால் இருந்த நிலமையத்தில், கட்டளைக்குழு கணிப்பொறிகளில் ஏவுகணையின் நிலையை உன்னிப்பாகக் கண்காணித்து வந்தது. ஒவ்வொரு வினாடியும் ஒரு ஆண்டு போல் சென்றது. இறுதியில் ‘செல்’ என்ற கட்டளை ஒலித்தது. அதற்குப் பத்து நிமிடங்களுக்கு முன்பே, ஏவுகணை அதில் உள்ள கணிப் பொறிகளிடம் ஒப்படைக்கப்பட்டு விட்டது.

ஆனால், பிழம்பென அனல்விசை தோன்றவில்லை. ஏவுகணை தளத்தில் புகை தோன்றியது. சில நொடிகளில் விண்ணோட்டம் நிறுத்தப்பட்டுவிட்டது. வெளிநாடுகளில் இத்தகைய ஏவுகணைகள் சில தளத்திலேயே வெடித்து அழிந்துள்ளன. ஆனால், அன்று ஸ்ரீஹரிகோட்டாவில் நிலவிய அமைதி, இந்தியக் கணிப்பொறிகளின்

வெற்றியை, அவை ஏவுகணையை நிறுத்திய அற்புத சாதனையைக் குறிக்கும்படி இருந்தது. அதிர்ச்சியிலிருந்து சில நொடிகளில் மீண்ட விஞ்ஞானிகள் என்ன நடைபெற்றது என்று விரைவே கண்டு பிடித்துவிட்டனர். முதல் படிவத்துடன் இணைந்த ஒரு என்ஜின், இயங்க ஆரம்பித்த மூன்று வினாடிகளுக்குள் போதிய உந்துவிசையை அளிக்கவில்லை என்பதை கணிப்பொறி உணர்ந்து விட்டது. திண்ம என்ஜின் உள்ள படிவத்தின் பிரதான (129 டன் எரிபொருள் கொண்ட) பகுதி எரிய ஒரு வினாடியே எஞ்சியுள்ள பொழுது, கணிப்பான் விண்ணோட்டத்தைத் தானாகவே நிறுத்தி விட்டது. இணைக்கப்பட்ட என்ஜின்களில் ஒன்றில் தீ பற்றியது. ஆனால் உடனடியாக, தீ அணைக்கும் முறைகள் செயல்பட்டு தீயைப் பரவாது தடுத்து விட்டன. ஏவுகணையின் பெரும்பகுதிகள் சேதமடையாது தப்பின. ஒரு வினாடி வேறுபாட்டில் தோல்வி தவிர்க்கப்பட்டது. ஏனெனில், முதற்படிவத்தின் பிரதான என்ஜின் எரிய ஆரம்பித்திருந்தால், அதை நிறுத்த முடியாது. போதிய உந்துவிசையன்றி ஏவுகணைச் சரிவர மேலே சென்றிருக்க முடியாது.

இணைக்கப்பட்ட ஒரு என்ஜினில் உயிர்வளிப்பொருள் வர அமைக்கப்பட்டுள்ள குழாய் சரிவர இணைக்கப்படாததால், என்ஜினின் உந்துவிசை குறைந்துவிட்டது என்று பின்னர் அறிவித்தனர்.

சிறப்பான வெற்றி

எரிவதற்குப் பதிலாக புகைந்ததற்கு விளக்கம் தேடிய விஞ்ஞானிகள் ஏவுகணையில் பெரிய பழுது ஒன்றுமில்லை என்று அறிந்து கொண்டனர். முதற்படிவத்துடன் இணைக்கப்பட்ட நான்கு நீர்ம என்ஜின்களில் பழுதான ஒன்றை மாற்றி, ஜி.எஸ்.எல்.வி ஏவு கணையை மீண்டும் 2001, ஏப்ரல் 18ஆம் தேதியன்று செலுத்தி னார்கள். இம்முறை முயற்சி திருவினையாகியது. கவலை நீங்கி, கட்டுப்பாட்டு மையத்தில் மகிழ்ச்சி ஆரவாரம் பொங்கியது. ஏவுகணையின் குறிக்கோள் நிறைவேறியது.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் மாற்றுப்பாதையில் ஜிசாட் கோள் விடப்பட்டது. ஆனால் வினாடிக்கு 10.2 கி.மீ. வேகத்தில் விடப்பட வேண்டிய கோள், சற்றுக் குறைவான வேகத்தில் விடப்பட்டது. கோளின் திசைவேகம் 0.6 விழுக்காடு குறைந்தது. இதனால் கோள் சுற்றும்பாதையின் சேய்மைப் புள்ளியின் உயரம் குறைந்தது.

கோள் அடைந்த துவக்கச் (மாற்று) சுற்றுவழி 180 கி.மீ. x 35,975 கி.மீ. என்ற அளவிற்குப் பதில், 181 கி.மீ. x 32,051கி.மீ. ஆகக் குறைந்தது. (மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையின் சாய்வுக்கோணம் எதிர்பார்த்த அளவிற்கு சற்றே குறைவாக, 19.2° ஆகவே இருந்தது.) இந்தக் குறைபாட்டை அடுத்த சில நாட்களில் சரிப்படுத்தினர். அதன் விளைவாக, நிலநடுக்கோட்டுடன் கோளின் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் கொள்ளும் சரிவு 0.997° ஆக அமைந்தது. இந்த வெற்றியைத் தொடர்ந்து கதிரவனின் ஆற்றலைப்பெற வைக்கப்பட்டிருந்த பலகைகள் விரிக்கப்பட்டன. கதிரவனின் அழுத்தத்தை சமாளிக்க வைத்த 'பாய்' சரியாக இயக்கப்பட்டது. மூன்று அச்சு நிலைப்பு முறையைக் கையாண்டு கோளை நிலையாக இயங்கும்படி செய்தனர்.

பல புதிய தொழிற் நுட்பங்கள் வெற்றிகரமாக பரிசோதிக்கப் பட்டன. பெரிய சேய்மை ஏவுகணையுடன், கோளில் சிறிய ஏவுகணைகளையும் பயன்படுத்தினர். புவியுடன் தொடர்பு அற்றுப் போய்விடாமல் இருக்க, விண்மீன்களைக்கொண்டு கோளை மாற்றி பழைய நிலைக்குக் கொண்டுவருவது, கோளின் சுற்றுப்பாதையின் உயரத்தை அதிகரிக்க, கோள் புவிக்கு அண்மையில் கடந்து செல்லும் ஒரு நிமிடத்திற்குள் கோளின் ஏவுகணையைச் செலுத்து வது போன்ற பல அரிய முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. தொலைக்காட்சிப் பரிசோதனைகளும் செய்யப்பட்டன.

சுற்றுப்பாதை இறுதியாக அண்மையில் 33,806 கி.மீ. ஆகவும், சேய்மைத் தொலைவில் 35,665 கி.மீ ஆகவும் இருந்தது. ஆனால், எதிர்பார்த்த அளவிற்கு மேலாக எரிபாருள் செலவாயிற்று. எரிபொருள் எடுத்துச் சென்ற இருதொட்டிகள்—ஒன்று இந் நாட்டிலும், மற்றொன்று ஜெர்மனியிலும் செய்யப்பட்டவை— சரிவர நீர்ம எரிபொருளை வெளியேற்றாததால் ஒரு பக்கமாய் சாய்ந்து, தமது சமநிலையை இழந்தன. இதை சமாளிக்க கோளின் கணிப்பொறி தானாகவே ஏவுகணைகளை இயக்கிற்று. இதனால், மூன்று ஆண்டுகளுக்கு சிறு சிறு பிழை திருத்தங்களைச் செய்வதற்கு வைக்கப்பட்ட எரிபொருள் விரைவாகத் தீர்ந்துவிட்டது. சரியான சுற்றுப்பாதையில் கோள் செல்ல 10 கிலோ எரிபொருள் அதிக மாகத் தேவைப்பட்டது.

தேவையான எரிபொருள் இல்லாததால், 24 மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை புவியைச் சுற்றவேண்டிய கோள், 23 மணி 2 நிமிடங் களுக்கு ஒரு முறை சுற்றியது. இதனால், எல்லா நாட்களிலும் கோளை இந்நாட்டிலிருந்து 'பார்க்க' இயலவில்லை. கோளைக் கட்டுப்படுத் தவும் முடியாமல், அத்துடன் கொண்ட தொடர்பும் நீடிக்கவில்லை.

கோளை ஏற்றிச்சென்ற ஏவுகணை அளித்த திசைவேகக் குறைவை சரிசெய்தனர். பன்னாட்டு தொடர்பு மையங்கள் மூலம் ஏவுகணையின் போக்கைக் கண்காணித்தனர். உரிய இடத்தில் கோள்வரும்பொழுது, அதன் வேகத்தை அதிகரித்தனர். முதன்முறையாக புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் கோளைச் செலுத்தும் ஏவுகணையை வெற்றிகரமாக செலுத்தினர். குறைபாடுகளை அடுத்த விண்ணோட்டங்களில் நீக்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர்.

மூன்றாவது விண்ணோட்டத்திற்குப் பிறகு, இத்தகைய ஏவுகணை 2000 கிலோ வரைஎடுத்துச் செல்ல இயலுமென எதிர் பார்க்கின்றனர். 3500 கிலோ எடையைக் கொண்டுசெல்ல, புதிய ஏவுகணை அமைப்புக்கள் தேவைப்படும்.

முறைப்படி பணி ஆற்றும் தகுதியை ஜி.எஸ்.எல்.வி பெற்ற பிறகு, பலவிதமான ஏவுகணைகளை உருவாக்கலாம். உதாரணமாக, ஆறு அல்லது ஏழு கோள்களை புவிக்கருகே கீழான சுற்றுப் பாதையில் செலுத்தலாம். அல்லது, ஒரு டன் எடையுள்ள இரு கோள்களை 10,000 கி.மீ. தொலைவில் செலுத்தலாம்.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளைச் செலுத்தும் ஏவுகணையின் முழுவெற்றி, தண்ணியல் உந்துவிசையை அளிக்கும் என்ஜினைப் பொருத்து அமையும் என்று கூறுகிறார்கள். ரஷ்யாவின் என்ஜின் சற்றே குறைவாக செயல்பட்டதா என்றும் ஆராய்ந்து, அதற்கான பணியைச் செய்ய திட்டமிட்டுள்ளனர். தண்ணியல் உந்துவிசையின் திறனை வினாடிகளில் குறிப்பிடுகின்றனர். அதன்படி அதிகரிக்கும் ஒவ்வொரு வினாடித் திறனிற்கும், 10 கிலோ எடையை அதிகமாகக் கொண்டு செல்லலாம் என்று கணக் கிட்டுள்ளனர்.

ரஷ்யாவிடமிருந்து மேலும் ஆறு தண்ணியல் என்ஜின்கள் வணிக முறைப்படி வாங்கப்படும். துவக்கத்தில் ரஷ்யா தொழிற் நுட்பம் தருவதை அமெரிக்கா தடுத்துநிறுத்திவிட்டது. பின்னர், என்ஜினும் அத்துடன் அந்தப் படிவத்திற்கு வேண்டிய உறுப்புகளும் ரஷ்யா விற்க ஒப்புக்கொண்டது. ரஷ்ய என்ஜினின் பரிமாணங் களைக் கொண்ட இந்திய தண்ணியல் விசை என்ஜின் உருவாகி வருகின்றது.

தண்ணியல் உந்துவிசை

சாதாரண எரிபொருள்களால் பெறும் விசையைவிட தண்ணியல்

உந்துவிசை 2½ மடங்கு அதிக ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. ஆகவே புவியுடன் இணைந்துள்ள சுற்றுப்பாதையில் கோள்களைச் செலுத்த தண்ணியல் விசையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். அந்த விசையைப் பெற, அதன் எரிபொருள்கள் மிக மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையில் இருக்க வேண்டும். நீர்மநிலையில் உள்ள நீர்வளியின் வெப்பநிலை சுமார் –253°C ஆகவும் நீர்ம நிலையில் உள்ள உயிர்வளி சுமார் —195°C ஆகவும் இருக்கும். நீர்ம நீர்வளியின் அடர்த்தி தண்ணீரை விட 15இல் ஒரு பங்கு குறைவாக இருப்பதால், அதை இறைக்க நிமிடத்திற்கு 42,000 முறை சுற்றும் இறைகுழாய் தேவை. நீர்ம நீர்வளியை வளியாக 100K வெப்பநிலைக்கு மாற்றி, நீர்ம நிலையில் உள்ள உயிர்வளியுடன் கலந்து, அவை எரியும் கூண்டில் 3500K அளவிற்கு வெப்பத்தை உண்டாக்கி, அவ்வளிகள் ஏவுகணையை விட்டு வெளியேறும்பொழுது அளிக்கும் உந்துவிசையைப் பெறுகின்றனர்.

தண்ணியல் எரிபொருள்கள் ஒன்றுகூடுவதால் தாமாகவே அவை எரியாது. தீப்பொறியை செலுத்தித்தான் எரிய வைக்க வேண்டும். வர்ணமின்றி, மணமின்றி, ஒரு நொடியில் தீப்பற்றி எரியக் கூடிய நீர்வளி, கரிமப் பொருள்களுடன் உயிர்வளி கலக்கும் பொழுது வெடிக்கக்கூடிய நிலை ஆகியவற்றை சமாளிக்க வேண்டும். அதற்கான பாதுகாப்பு அமைப்புகள், தண்ணியல் வெப்பத்தைத் தாங்கும் பொருட்கள், அலுமினியக் கலவைத் தொட்டிகளுக்கான மின்காப்புப் பொருள் போன்ற பல புதிய சாதனங்களையும் அமைக்க வேண்டும். ஒரே ஏவுகணையில் ஒரு பக்கம் மிக அதிகமான வெப்பத்தையும், மறுபக்கம் மிகத் தட்பமான நிலையையும் சமாளிக்க வேண்டும். வெப்பநிலை வேறுபாடுகளைத் தாங்கும் பொருள்களையும், உறுப்புகளையும் செய்வது ஒரு பெரிய சவாலாகவே உள்ளது. சோதிக்கும்பொழுது சற்றே ஈரம் இருந்தாலும், அது பனிக்கட்டியாகி திருகுகளை அடைத்துவிடக் கூடும்.

தண்ணியல் உந்துவிசையை, பல வான விண்வெளி என்ஜின் களில் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்த உந்துவிசையை அதிக அளவில் பெற்று, அதை மேலும் வலுப்படுத்த திண்ம எரிபொருள்கொண்ட ஏவுகணைகள் பயன்படுகின்றன.

1995ம் ஆண்டிற்குப் பிறகே நம் நாட்டிலேயே தண்ணியல் உந்துவிசை என்ஜின் செய்யவேண்டுமென்று தீவிர முயற்சி துவங்கியது. இத்தகைய என்ஜினைச் செய்ய முன்னேறிய நாடு களுக்கே பத்து ஆண்டுகளுக்கும் மேலான முயற்சி தேவைப்படுகிறது.

2000 பிப்ரவரியில் உள்நாட்டு தண்ணியல் என்ஜின் தமிழ்நாட்டில் மகேந்திரகிரி என்ற இடத்தில் பரிசோதிக்கப்பட்டது. தண்ணியல் என்ஜின் 2004இல் தயாராகுமென்றும், அதற்குச் சில மாதங்களுக்குப் பிறகு அந்த என்ஜினின் படிவமும் தயாராகும் என்றும் எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. இப்படிவத்தை அமைப்பதும் ஒரு அரிய பணியாகும்.

இந்தியா: ஒரு எறிபடை வல்லரசு

இந்தியா இன்று ஒரு எறிபடை வல்லரசாக வளர்ந்துள்ளது. ஏவுகணைகளை நாட்டின் முன்னேற்றத்திற்காகப் பயன்படுத்துவதே நமது குறிக்கோள்; ஆனால் இன்றைய உலகில், தற்காப்பிற்காக ஆயுதம் தாங்கிய ஏவுகணைகள்—எறிபடைகள் தேவைப்படுகின்றன. இத்தகைய எறிபடைகளை அமைத்த விஞ்ஞானி, தமிழ்நாட்டில் பிறந்து பயின்ற, பாரத் ரத்னா டாக்டர் ஏ.பி.ஜே. அப்துல் கலாம் 2002இல் குடியரசுத் தலைவராகப் பதவி ஏற்றுள்ளார். எறிபடைகள் அனைத்தையும் நம் நாட்டிலேயே உற்பத்தி செய்ய இயலும் என்பதை நிரூபித்துள்ளார்.

1983இல் பாதுகாப்பு அமைச்சரகத்தின் நிறுவனம் ஒன்று எறிபடைகளை அமைக்கும் திட்டத்தைத் துவங்கியது. இதன் நோக்கம்; நான்கு விதமான ஆயுதங்கொண்ட ஏவுகணைகளை (எறிபடைகளை) உருவாக்கி, உற்பத்தி செய்ய வழிவகுப்பதாகும். அந்த எறிபடைகளை பிரிதிவி, திரிசூல், ஆகாஷ், அக்னி என்று அழைத்தனர். மேம்பாடு அடைந்த ஏழு நாடுகள் நம் நாட்டிற்கு போர்கருவிகள் வரவிடாமல் விதித்த தடைகளை சமாளித்து, மிக நவீன ஆயுதங்களைப் பயன்படுத்தும் திறனை முப்படைகளுக்கும் அளிப்பதென முடிவு செய்யப்பட்டது.

பிரிதிவி என்ற எறிபடை திட்டமிட்ட பாதையைப் பின்பற்றி, பின்னர் கீழே இறங்கும்பொழுது புவியின் ஈர்ப்புவிசையைப் பயன் படுத்திக் கொள்கின்றது. இது அணு ஆயுதத்தையும் கொண்டு செல்ல வல்லது. நீர்ம எரிபொருள் கொண்ட ஒரே படிவம்தான் இந்த எறிபடையில் உள்ளது. நிலத்தில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு, 150–200 கி.மீ. தொலைவு வரை, ஒரு மெட்ரிக் டன் எடையை (ஆயுதங்களை) ஏற்றிச் செல்லும். அசங்காத வழிகாட்டிக் கருவியும், அதனுள் இணைந்த கணிப்பொறியும் ஏவுகணையை வேண்டிய இடத்தில் சரியாகப் போய்விழும்படி செய்யும். ஏவுகணைகளுக்குள் ஆயுதங்களை போறகளத்திலேயே மாற்றிப்

பொருத்தலாம். அதன் நீள்வழிப் போக்கையும் மாற்றி அமைக்கலாம். விமானப் படைக்கு 250கி.மீ. வரை செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்ட எறிபடையை பறக்கவிட்டு சோதித்துள்ளனர். கடற்படையினருக்கு மற்றொருவித எறிபடையை (துனுஷ் என்ற பெயரில்) செய்துள்ளனர்.

அக்னி (தீ) என்ற எறிபடை 2000 கி.மீ. வரை செல்லக்கூடியது. இதை இடைத்தொலைவு ஏவுகணை என்றும் கூறுகின்றனர். 1999இல் அக்னி–II என்ற ஏவுகணை ஒரு நடமாடும் திடலிலிருந்து சோதனைக்காக செலுத்தப்பட்டது. பதினோரு நிமிடங்களில் 2000 கி.மீ. செல்லும் இந்த ஏவுகணையில் இரு படிவங்கள் உள்ளன. இரண்டிலும் திண்ம எரிபொருள் கொண்ட என்ஜின்களே உள்ளன. 16 டன் எடையுள்ள இந்த ஏவுகணை 20 மீ. நீளமுள்ளது. சென்றுகொண்டிருக்கும் வண்டியிலிருந்தும் இதனைச் செலுத்தலாம். ஏவுகணை காற்றுவெளிக்குள் மீண்டும் நுழைந்து, கடும் வெப்பத்திற்குள்ளாகும்பொழுது, எரிந்துபோகாமல் இருக்க கரிவேதிப் பொருளாலான கலவையில் செய்யப்பட்ட காப்பு உறை உள்ளது. மீண்டும் புவிக்கு வரும்பொழுது, 3000°C வெப்பத்தைத் தாங்க வேண்டும். ஒலியின் விரைவைவிட (மணிக்கு 1,216 கி.மீ.) 12 முதல் 14 மடங்கு அதிக வேகத்தில் [இது மாக் (Mach) எண் 12–14 என்று அழைக்கப்படும்] ஏவுகணை செல்லும். செல்லும் போக்கை அலசி ஆராய ஒரு திறன்படைத்த கணிப்பொறியும், பல இலக்கு களைத் தேடிச்செல்லும் ராடாரும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சுமார் 1000 டன் எடையுள்ள ஆயுதங்களையும் இது ஏற்றிச் செல்லும். அசையாத வழிகாட்டும்முறை, நவீன மின்னணுத் தொடர்பு தொலைவு ஆகியவற்றின் உதவியால், குறிப்பிட்ட இலக்குகளை குறிதவறாது தாக்கும். அக்னி–Iஇல் திண்ம எரிபொருள் படிவமும், நீர்ம எரிபொருள் படிவமும் இணைந்துள்ளன. 800–900 கி.மீ. வரை பாய்ந்து இறங்கக்கூடிய சற்றே வேறுவிதமான அக்னி–Iம் வெற்றி கரமாகச் செலுத்தப்பட்டுள்ளது.

ஆகாஷ் என்ற எறிபடையும் துவக்கத்தில் வழிபடுத்தப்பட்டு, பின்னர் புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் கீழே விரையும். இது பல இலக்குகளைத் தாக்கும் திறன்கொண்டது. இதன் முதற்படிவம் அதிக ஆற்றல் கொண்ட திண்ம எரிபொருளைக் கொண்டது. இரண்டாவது படிவம், விரைந்து செல்லும்பொழுது, எதிர்காற்றை உள்ளிழுத்து இறுக்கி, எரிபொருளுக்குப் பயன்படுத்தி இயங்கும். துவக்கத்தில் கட்டளைக்கேற்ப செயல்படும் இந்த எறிபடை, பின்னர் இலக்கை நாடிச் செல்லும் ராடார் காட்டும் வழியில் துல்லியமாகச் செல்லும். பல இலக்குகளைத் தொடர்ந்து கண்காணித்து நான்கு

இலக்குகளை ஒரேபொழுதில் தாக்க வல்லது. இந்த எறிபடையை வேகமாக நகரும் தளத்திலிருந்தும் செலுத்தலாம். உயரப் பறக்கும் விமானங்களையும் இது வீழ்த்தும்.

திரிசூல் என்ற எறிபடை வேகமாகத் திருப்பி அடிக்க உதவும். ஓடும் வண்டிகளிலிருந்தும் இதை ஏவலாம். தாழ்ந்து வரும் எதிரியின் ஏவுகணைகளைக் கப்பலிலிருந்தும் தாக்கலாம். கடலையொட்டிவரும் எறிபடைகளுக்கு எதிராகப் பயன் படுத்தலாம். இந்த எறிபடை அதிக ஆற்றலைக்கொண்டுள்ள திண்ம எரிபொருள்களைப் பயன்படுத்தும். துவக்கத்தில் பணிக்கப்பட்டு, பின்னர் தொடரும் ராடாரால் வழிகாட்டப்படுகிறது. நடமாடும் போர்கேடயம் தரித்த வண்டிகளுக்கு இந்த எறிபடை மேலும் வலுவாக இருக்கும். சூழ்நிலைக்கேற்ப மாறி இயங்கி எதிரியை சமாளிக்கும் திறனைக் கொண்டுள்ளது. இந்த எறிபடையை செலுத்தி பரிசோதித்துள்ளனர்.

'நாக்' (நாகம் என்பதின் திரிபு) எறிபடை அவ்வரிசையில் மூன்றாவது தலைமுறையாக செய்யப்பட்டது; டாங்குகளை எதிர்க்க வல்லது. அது 'சுடு, மறந்துவிடு' என்ற கட்டளைக்கிணங்க, தானே இயங்கும் திறனைப் பெற்றுள்ளது. போர்களத்து டாங்குகளை அது அழிக்கும். தன்முன் தோன்றும் அகச்சிவப்பு அலைகளைக் கண்டு, இலக்குகளைத் தொடர்ந்து, மில்லிமீட்டர் அலைவரிசையில் இயங்கும் ரேடாரைப் பயன்படுத்தி, இந்த எறிபடை செயல்படும். ஹெலிகாப்டரிலிருந்தும், கட்டியிழுக்கப் பட்ட வண்டியிலிருந்தும் இதை செலுத்தலாம். இதன் திறன் மேம்பாடு அடைந்துள்ள நாடுகளின் எறிபடைகளுக்கு நிகராக உயர்ந்துள்ளது.

இத்துறையில் மேம்பாடு அடைய பல புதிய செயல்முறைகள் தேவை. திறமையான மேலாண்மை முறைகள் வேண்டும். தனித் தனியே மிகத் திறமையாக இயங்கும் 'தீவுகளை' ஒன்றிணைத்து செயலாற்ற வழிசெய்ய வேண்டும். குறிப்பிட்ட கல்வி நிலையங் களுக்கு ஆராய்ச்சிகளைத் துவக்க அதிகாரம் அளிக்கப்பட வேண்டும்; வெளிநாடுகள் விதிக்கும் தடைகளை எதிர்த்து நிற்க, பிரச்சினைகளை சமாளிக்க புதிய அணுகுமுறை வேண்டும். தொழிற்நுட்பங்களை வேறு நாட்டவர் நமக்கு அளிக்க மறுத்தாலும், நாம் ஆராய்ச்சி செய்து நமக்குள்ள அமைப்புகளை சீர்படுத்தி முன்னேற வேண்டும். வலுவான தன்னம்பிக்கையும், அறிவும், நாட்டுப்பற்றும் இதற்குத் தேவை.

காற்றுவெளியில் செல்லும் எறிபடை

ஒலியின் வேகத்தைக் கடந்து காற்றுவெளியில் செல்லும் திறன் வாய்ந்த நவீன எறிபடையை, இந்தியாவும் ரஷ்யாவும் இணைந்து அமைத்துள்ளன. 2001 ஜூன்மாதம் இத்தகைய எறிபடையை ஒரிசா கடற்கரை (சந்திபூர்)யில் உள்ள சோதனைத் திடலிலிருந்து வெற்றி கரமாகச் செலுத்தினர். இந்த எறிபடையை, ஓடும் வண்டி, கப்பல், நீர்மூழ்கிக்கப்பல், விமானம் ஆகியவற்றிலிருந்து 280 கி.மீ. வரை செலுத்தலாம். எறிபடையில் உள்ள கணிப்பொறி வழிகாட்டி யாகச் செயல்பட்டு, எறிபடையைத் துல்லியமாகக் கொண்டு செல்கின்றது. ஒலியைவிட வேகமாக வரும் எதிரியின் எறிபடையை முறியடிக்கும் திறன்பெற்ற இந்த எறிபடையை அமைப்பதில் பாதுகாப்புத்துறை விஞ்ஞானிகள் அரிய பணி ஆற்றியுள்ளனர்.

7

அரியானும் இதர ஏவுகணைகளும்

அமெரிக்காவும் ரஷ்யாவும் விண்வெளிக்காலம் தோன்றிய நாள் முதல் புதிய ஏவுகணைகளை உருவாக்கி வருகின்றன. சீனாவும், ஜப்பானும், ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனமும் ஏவுகணைகளை உருவாக்கி செலுத்தியுள்ளன. (படம் 21) ஜப்பானைத் தவிர இதர நாட்டு நிறுவனங்கள் பல நாட்டு ஏவுகணைகளை வணிக அடிப் படையில் செலுத்தி வருகின்றன.

ஐரோப்பிய ஏவுகணை, அரியான், உலக ஏவுகணை சந்தையில் அரைப்பங்கைக் கைப்பற்றியுள்ளது. கிரேக்க நாட்டுக் கதையில் வரும் ஒரு இளவரசியின் பெயர் அரியான். தெசியஸ் என்ற அந்நாட்டு வீரனை ஒரு குறுக்குப் பாதையிலிருந்து அந்த இளவரசி காப்பாற்றுகிறாள். இதனை அடுத்து விண்வெளியில் சீரான பாதைக்கு அழைத்துச் செல்லும் ஏவுகணைக்கு அரியான் என்று பெயரிட்டனர்.

தனது துவக்கக் காலத்தில் அரியான் நம்நாட்டுப் பரிசோதனைக்கோள் (ஆப்பிள்) ஒன்றையும் செலுத்தியது. பிறகு பல இன்சாட் கோள்களையும் செலுத்தியுள்ளது.

1979இல் டிசம்பர் 24ஆம் தேதி அரியான் முதன்முதலாகச் செலுத்தப்பட்டது. பிறகு பல்வேறு அமைப்புகளில் உருவாக்கப் பட்டது. ஒட்டுமொத்தமாக 120க்கும் அதிகமான ஏவுகணைகளின் மூலம், 160க்கும் மேலான கோள்களை அரியான் நிறுவனம் செலுத்தியுள்ளது. அரியான் –2, –3 என்று இரு வடிவங்கள் 1984இல் செலுத்தப்பட்டன. அதற்குப் பிறகு, 1988இல் அரியான்–4 செலுத்தப் பட்டது. அந்த ஏவுகணையின் படிவங்களில் இரு நீர்ம எரிபொருள் என்ஜின்களும், ஒரு தண்ணியல் எரிபொருள் என்ஜினும் உள்ளன. அவற்றை வலுப்படுத்த இணைப்பு ஏவுகணைகளும் (இரண்டோ, நான்கோ) இருந்தன. அரியான்–1 புவியுடன் இணைந்து

படம் 21. இதர நாடுகளின் சில ஏவுகணைகள்

சுற்றுப்பாதையை அடையுமுன் செல்லும் மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் 1835 கிலோ எடையுள்ள கோள் ஒன்றை செலுத்தியது. அரியான் –2, –3ம் அந்த எடையை, முறையே 2,275 கிலோவாகவும், 2650 கிலோவாகவும் உயர்த்தின. அரியான் 4 (நான்கு நீர்ம எரிபொருள் என்ஜின்கள் கொண்டது.) இரு கோள்களை செலுத்தும் ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தது. இது 4,000 கிலோ எடையுள்ள கோள்களை (உதாரணமாக இன்டல்சாட் –6, –7) செலுத்தவல்லது. 1140கிலோ அல்லது 2500 கிலோ எடையுள்ள இரு கோள்களை செலுத்த வல்ல திறமையையும் பெற்றிருந்தது.

முதல் அரியான்–5 வெடித்தது

1996இல் அரியான்-5 என்ற புதிய ஏவுகணை வெடித்துத் தோல்வி அடைந்தது. 1997இல் இரண்டாம் அரியான்-5 தன் என்ஜினின் திட்டமிட்ட காலத்திற்கு முன்பே எரியாமல் நின்றுவிட்டது. அதனால் அதுகொண்டுசென்ற மாற்றுக்கோளை சரியான சுற்றுப் பாதையில் செலுத்த முடியவில்லை. ஆனால் 1998இல் அக்டோபரில் செலுத்தப்பட்ட மூன்றாம் சீராக்கும் ஏவுகணை வெற்றிபெற்றது.

ஏவுகணையின் போக்கைக் கட்டுப்படுத்த இணைக்கப் பட்டிருந்த முறையைக் கையாள வேண்டிய அவசியமே ஏற்பட வில்லை. கோளின் பிரதான படிவம் சீராக இயங்கியது. ஒரு மாற்றுக்கோளை 1027 கி.மீ. x 35,863 கி.மீ. என்ற அளவில் நீள் சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தியது. புவியின் நிலநடுக்கோட்டிற்கு அந்தச் சுற்றுப்பாதை 6.999° சாய்ந்து இருந்தது. அரியான்–4 செலுத்திய கோள்களின் அண்மைத் தொலைவு சாதாரணமாக 200 கி.மீட்டராக இருந்தது; அரியான்–5 செலுத்திய கோள் அதிக உயரத்தில் துவக்கத்திலேயே சென்றுவிட்டதால், கோளின் எரிபொருள் இரண்டு ஆண்டுகாலம் அதிகம் நீடிக்குமெனவும் கூறினார்கள்.

ஏவுகணையின் மேற்பகுதி என்ஜினை அணைத்து மீண்டும் செலுத்தும் ஆற்றல் உள்ளது. ஆதலால் கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதைகளிலும், புவியைச் சுற்றியத் தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதைகளிலும் கோள்களைச் செலுத்த ஏவுகணை பயன்படும் என்று கருதுகிறார்கள்.

அரியான்–5 மற்றுமொரு வெற்றியையும் கண்டது. சுற்றுப் பாதையிலிருந்து காற்றுவெளிக்குள் மீண்டும் புகும் கோள் ஒன்றை சரியாக செலுத்தியது. 2800 கிலோ எடையுள்ள அக்கோள் புவியை

விட்ட 12 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு 209கி.மீ. உயரத்தில் ஏவப்பட்டு, 803 கி.மீ. வரை சென்று, பின் கீழே இறங்கி, 120 கி.மீ. உயரத்தில் காற்றுவெளிக்குள் மணிக்கு 27,130கி.மீ. வேகத்தில் புகுந்தது. இங்ஙனம் புவிக்குள் புக அகன்ற வானில் 60 கி.மீ. அகலமுள்ள இடைவெளிதான் இருக்கின்றது. அக்கோள் பசிபிக் கடலில் குறிப்பிட்ட இடத்திலிருந்து ஐந்தே கிலோமீட்டர் தள்ளி, மணிக்கு 25 கி.மீ. வேகத்தில் விழுந்தது ஒரு அரிய சாதனையே. இவ்வளவு துல்லியமாக செயல்பட மற்றொரு விதமான கோள் உதவியது. நிலைகுறிக்கும் கோளின் உதவியால், சரியான பாதையில் கோள் திரும்பி, வருங்காலத்து விண்வெளிப் பயணங்களில் ஐரோப்பிய நாடுகள் தமது ஏவுகணைகளை மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தும் திறமையை அடைந்தன.

அடுத்த பத்தாண்டு காலத்திற்கு வேண்டிய கோள்களை கொண்டு செல்லும் திறமையை அதிக ஆற்றல்கொண்ட அரியான்-5 பெற்றுள்ளது. அதன் பிரதான படிவத்தில் தண்ணியல் எரிபொருள் கொண்டு இயங்கும் வல்கென் (Vulcain) என்ஜின் 100 டன் உந்துவிசையை அளிக்கின்றது. இரண்டு திண்ம எரிபொருள் கொண்ட என்ஜின்கள் 550-660 டன் உந்துவேகத்தை அளிக்க வல்லது. புவிக்கருகே மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் 5.9—7.4 டன் எடையுள்ள கோள்களை சுற்றவிடும் திறன் அரியான்-5க்குஉண்டு. கதிரவனை இணைந்து சுற்றும் பாதையில் 23 டன் வரை கொண்டுசெல்லவும் இயலும்.

இன்னும் சில ஆண்டுகளுக்குள் பெரிய எடைகளைத் தூக்க அரியான்-5ன் திறனும் போதாது. ஆகவே, வரும் காலத்தில் அமைக்கப்படும் அரியான் ஏவுகணைகளின் திறனை 5.9 டன்களிலிருந்து 17 டன்களாக (புவிக்கருகே மாற்றுச் சுற்றுப் பாதையில் கொண்டுசெல்ல) அதிகரிக்க வேண்டிவரும். ஒரு புதிய உயர் படிவத்தை அமைக்க முயற்சி நடைபெறுகின்றது. தண்ணியல் எரிபொருளைப் பயன்படுத்தி பன்முறை அணைத்து எரிய விடும் படியான புதிய என்ஜின் ஒன்றைச் செய்ய ஜெர்மனி ஆராய்ந்து வருகின்றது. அமெரிக்காவின் போட்டியை—15டன் எடையை அனுப்பும் திறனை—சமாளிக்க ஐரோப்பியர்கள் தமது ஏவுகணைகளை வலுப்படுத்தி வருகின்றனர்.

அமெரிக்க ஏவுகணைகள்

அமெரிக்காவின் மிகப்பெரிய ஏவுகணைகளில் இரண்டான,

டைடன்-4A, டெல்டா-III (Titan 4A, Delta III), 1998இல் தோல்வி அடைந்தன. 1998 ஆகஸ்டில் டைடன்-4A சென்டார் (Centaur) ஏவுகணை, 7000 மீ. உயரத்தில் வெடித்தது. அப்பொழுது ஏவுகணை ஒலியின் வேகத்தை எட்டிக் கொண்டிருந்தது. ஏவுகணையை காற்று வெளிவிசை மிக அதிகமாக தாக்கியது. மின்கலன் ஒரு வினாடிக்கும் குறைவான நேரத்திற்குப் பணி ஆற்றவில்லை. மீண்டும் மின்விசை வந்தபொழுது, வழிகாட்டும் கணிப்பொறி ஒரு திருத்தத்தை செலுத்தியது. ஆனால் விளைவு எதிர்மாறாக அமைந்தது. ஒரு பில்லியன் டாலர் மதிப்புள்ள இத்தோல்வி அமெரிக்காவின் கனாவிரால் முனையின் (Cape Canaveral) 50 ஆண்டுகால வரலாற்றிலேயே ஆளில்லாக் கோளால் ஏற்பட்ட மிகப் பெரிய இழப்பும் விபத்தும் ஆகும் எனக் கூறினர். இந்த ஏவுகணை கோளை ஆப்பிரிக்காவிற்கு மேல் 'நிறுத்தி', இந்தியா, பாகிஸ்தான் உட்பட இப்பிரதேசத்தின் தொலைத் தொடர்புகளை அமெரிக்கா ஒட்டுக் கேட்க முயன்றது. இரு வாரங்களுக்குப் பிறகு, டெல்டா-III ஏவுகணையும் தனது முதல் பயணத்தில், புறப்பட்ட 72 வினாடிகளுக்குள் வெடித்துச் சிதறியது. நீர்வளி, உயிர்வளி எரிபொருளால் இயங்கும் ஒரே என்ஜின் வைக்கப்பட்டிருந்த புதிய ஏவுகணையின் இரண்டாம் தோல்வியாக அமைந்தது. ஏவுகணையின் கட்டுப்பாட்டு முறை ஒரு பிழையைக் கண்டுபிடித்தது; ஆனால் திருத்த முடியவில்லை. 1998 மே 8இல் டைடன் 4B சென்டார் ஏவுகணை வெற்றிகரமாகச் செலுத்தப்பட்டு, உளவு அறியும்கோள் ஒன்றை பசிபிக் கடலிற்கு மேல் நிலைக்கச் செய்தது.

ஆனால் அடுத்த ஆண்டு (ஏப்ரல் 1999) டைடன் 4B ஐயூஎஸ் (IUS) என்ற ஏவுகணையின் தோல்வி விண்வெளிப் போர்படை நிறுவனத்தை உலுக்கிவிட்டது. அமெரிக்க விமானப்படை பின்னர் தோல்வியை உறுதிசெய்தது. ஏவுகணையின் மேற்படிவத்தின் இரு பகுதிகளும் சரியாகப் பிரியவில்லை என்று அறிவிக்கப்பட்டது.

இந்தத் தோல்விகளை பொருட்படுத்தாது, டெல்டா-IV என்ற புதிய ஏவுகணை வரிசையை துவக்கினர். இவை 4,173 கிலோ முதல் 13,200 கிலோ எடைகளை புவிக்கருகே 'மாற்றுச்' சுற்றுப் பாதையில் கொண்டு செல்லும். இந்த ஏவுகணைகளால் 6,760 முதல் 20,500 கிலோவரை உள்ள எடைகளை புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதைகளுக்கு எடுத்துச் செல்லவும் இயலும்.

அட்லஸ் (Atlas) என்ற வேறு ஒரு ஏவுகணை புவியுடன் இணைந்து இயங்க உதவும் மாற்றுப்பாதையில் 2.7—3.4 டன் எடைகளை செலுத்தியதில், 1990ஆம் ஆண்டுகளில் 95 விழுக்காடு

வெற்றி கண்டுள்ளது. ஒரு ரஷ்ய நாட்டு என்ஜினைப் பயன்படுத்தி புதிய அட்லஸ் ஏவுகணை அமைக்கப்பட்டு வருகின்றது.

அமெரிக்க விண்வெளி வீரர்கள் அடிக்கடி சென்றுவரும் ஷட்டில் (Shuttle) கலனை வணிக முறையில் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை என்று, 1986இல் நடந்த சாலன்ஜர் கலனின் சோக அழிவிற்குப் பின்னர் முடிவு செய்தனர்.

ரஷ்ய ஏவுகணைகள்

விண்வெளிக்காலத்தைத் துவக்கிய நாடான ரஷ்யா, உலகிலேயே மிக அதிகமான ஏவுகணைகளைச் செலுத்தியுள்ளது. பல சுற்று வழிகளுக்கும் செல்லுமாறு, பலவிதமான, அதிக ஆற்றல் கொண்ட ஏவுகணைகளை அந்நாடு செய்துள்ளது. உலகின் முதல் விண்வெளி வீரர், யூரி ககாரின் (Yuri Gagarin) சென்ற கோளைச் செலுத்திய சோயூஸ் என்ற ஏவுகணையைத் தொடர்ந்து சீர்படுத்தி, பல அமைப்புகளில் அதன் திறனை அதிகப்படுத்தியுள்ளனர். சோயூஸ் என்ற அடிப்படை ஏவுகணையின் பல அமைப்புகள் 1650 முறை கோள்களைச் செலுத்தியுள்ளன. சோயூஸ்/எஸ்.டி (ST) என்ற பெயருடன் அண்மையில் புதிய ஏவுகணை தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது; மூன்று படிவங்களையும், நான்கு இணைக்கப்பட்ட சிறிய ஏவுகணைகளையும் கொண்டது. சோயூஸ்–2 விரைவில் வெளிவர உள்ளது; 8.2 டன் எடையுள்ள கோளை புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதையில் செலுத்த வல்லது. (தற்பொழுது 7.3 டன் எடையை எடுத்துச் செல்லுகின்றது.)

1960லிருந்து புரோட்டான் (Proton) என்ற ஏவுகணை பல விதமான கோள்களை ஏற்றிச் சென்றுள்ளது. இதன் சிறப்பு என்ன வென்றால், புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள், தனது மாற்று சுற்றுப்பாதையில் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தும் சேய்மை ஏவுகணை இன்றியே நேரடியாக இறுதிச் சுற்றுப்பாதையை அடைய இயலும். புரோட்டான்-எம் என்ற புதிய அமைப்பில் (2001இல் செலுத்தப்பட்டது) புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் 22 டன் எடையைக் கொண்டுசெல்ல இயலும். (இதற்குமுன் புரோட்டான்-கே 21 டன் எடையை எடுத்துச் சென்றது.) புரோட்டான்-எம் கொண்டுசெல்லும் புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளின் எடை, புவிக்கருகே மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் 7.8 டன் வரை இருக்கலாமென்று கூறப்படுகிறது. ஃபிரிகாட் (Fregat) என்ற உயர்மட்டப் படிவத்தை பலமுறை அணைத்து மீண்டும் செலுத்து

மாறு அமைத்த புரோட்டான் ஏவுகணையால், புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் 4.6 டன் எடையுள்ள கோளை எடுத்துச் செல்ல இயலும்.

ரஷ்யாவின் குருநிச்சேவ் (Khrunichev) என்ற விண்வெளி நிறுவனம், இரு அமெரிக்கத் தனியார் நிறுவனங்களுடன் இணைந்து, புரோட்டானும், அமெரிக்க 'அட்லாஸ்' ஏவுகணையும் சேர்ந்து, மேலைநாடுகளுக்கு வணிக முறையில் கோள்களை செலுத்த முடிவு செய்துள்ளது.

சீனாவின் சாதனைகள்

சீனா 1970இல் தனது முதல் ஏவுகணையைச் செலுத்தியது. மேம்பாடு அடைந்த பல ஏவுகணைகளையும், கோள்களையும் செலுத்தி யுள்ளது. 1990லிருந்து 36 வெளிநாட்டுக் கோள்களையும், 25க்கும் மேற்பட்ட உள்நாட்டுக் கோள்களையும் செலுத்தியுள்ளது. திண்ம எரிபொருள் படிவமும், மூன்று நீர்ம எரிபொருள் படிவங்களும் அதன் ஏவுகணைகளில் பொருந்தியிருந்தன. 1975ல் புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் 2.8 டன் எடையுள்ள கோள்களைக் கொண்டுசெல்லும் ஆற்றலைப் பெற்றது. LM-2E என்ற விண்கலன் புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் 9.5 டன் எடையைக் கொண்டு செல்ல வல்லது. மேலைநாடுகளுக்கு நிகராக, 5 டன் எடையை புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளின் துவக்க மாற்று பாதையில் கொண்டுசெல்லவும் இயலும். 1990இல் பாகிஸ்தானுக்காக ஒரு கோளை சீனா செலுத்தியது. 12,000 கி.மீ வரை செல்லக்கூடிய எறிபடைத்திறனையும் சீனா பெற்றுள்ளது.

1995இல் ஒரு அமெரிக்கக் கோளை ஏற்றிச் செல்லவிருந்த சீன ஏவுகணை (LM–2E) தரையிலேயே வெடித்துவிட்டது. அந்த விபத்தை ஆராயச் சென்ற அமெரிக்கக் குழு ஏவுகணை பற்றிய பல ரகசிய தொழிற்நுட்பங்களை சீனர்களுக்கு தம்மை அறியாமலேயே கொடுத்துவிட்டதாகக் கூறப்பட்டது. இதைத் தொடர்ந்து, அமெரிக்க பாதுகாப்புத்துறை சீனாவின் எறிபடை அபிவிருத்திக்கு அந்த நுட்பங்கள் உதவக் கூடும் என்று கருதி, அமெரிக்க கோள்களை சீனா செலுத்த அனுமதியை மறுத்தது. 1996இல் LM-3B என்ற ஏவுகணை, இன்டல்சாட்–708 என்ற கோளுடன், வெடித்து வீழ்ந்துவிட்டது.

LM–3 வரிசையில் செய்யப்பட்ட கோள் தண்ணியல் எரிபொருள் படிவங்களையே பயன்படுத்தி, புவியுடன் இணைந்து

சுற்ற, மாற்றுப்பாதையில் 5 டன் வரை எடுத்துச் செல்லும் தகுதியை பெற்றது; இத்திறனை 7 டன் வரை அதிகரிக்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர். புவிக்கருகே உள்ள சுற்றுபாதையில் 12.9 டன் எடையுள்ள கோள்களை எடுத்துச் செல்லவும் ஏற்பாடுகள் நடைபெறுவதாகக் கூறப்படுகிறது.

1999ல் LM–4 என்ற ஏவுகணை செலுத்தப்பட்டது. இந்த வரிசையில் சீனர்கள் தொடர்ந்து வெற்றி கண்டுள்ளனர். நீர்ம எரிபொருளால் இயங்கும் மூன்று படிவங்கள் கொண்ட இந்த ஏவுகணை, 900 கி.மீ. உயரத்தில் கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையில், 2.8டன் எடையைக் கொண்டுசெல்ல வல்லது. தகவல் தொடர்பு, வானிலை, விஞ்ஞானம் போன்ற பல துறைகளிலும் கோள்களைச் செலுத்திய சீனா, பிரேசில் நாட்டுடன் இணைந்து தொலை உணர்வுக்கோள் ஒன்றை செலுத்தியது.

2001இல் ஆளில்லாத விண்கலன் ஒன்றை செலுத்தியது. 21 மணிநேரம் புவியை 14 முறை சுற்றியபிறகு, அதன் கீழே இறங்கும் பகுதியை உள் மங்கோலியாவின் சமவெளியில் இறக்கியது. நிலத்திற்கு 1.5 மீட்டர் தொலைவில், கலனைப் பின்னோக்கி இழுக்கும் விசையைச் செலுத்தி, கலனை மெதுவாக இறக்கியது. இப்பகுதி ரஷ்யாவின் சோயூஸ் கலனை ஒட்டி அமைக்கப்பட்டது. 1999இல் இதுபோன்ற பரிசோதனையை முதன்முறையாகச் செய்தனர். 2002இல் மனிதனுடன் செல்லும் கலனைச் செலுத்த சீனர்கள் திட்டமிட்டுள்ளனர்.

ஜப்பானிய ஏவுகணைகள்: வெற்றியும், தோல்வியும்

இந்தியாவின் முதல் ஏவுகணை 1967இல் செலுத்தப்பட்டது; அதற்கு மூன்று ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, ஜப்பான் 1970இல் தனது முதல் ஏவுகணையைச் செலுத்தியது. திட எரிபொருளால் இயங்கும் நான்கு படிவங்கள் கொண்ட லம்டா (Lambda 45) என்ற கோளை ஜப்பானிய விண்வெளி விஞ்ஞான நிறுவனம் செலுத்தியது. பிறகு அந்நாட்டின் விண்வெளி நிறுவனம் ஏவுகணைத் திட்டத்தைத் தொடர்ந்து செலுத்த ஏற்றுக் கொண்டது. N-I என்ற மூன்று படிவம் கொண்ட ஏவுகணையை, அமெரிக்க தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி, 1970இல் 130கிலோ எடையுள்ள கோளை புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் செலுத்த, அமைத்தது. அடுத்த பத்து ஆண்டுகளில் ஏழு கோள்களைச் செலுத்தியது.

அடுத்த ஏவுகணை, N–II, முதலில் செலுத்தியதைவிட மூன்று

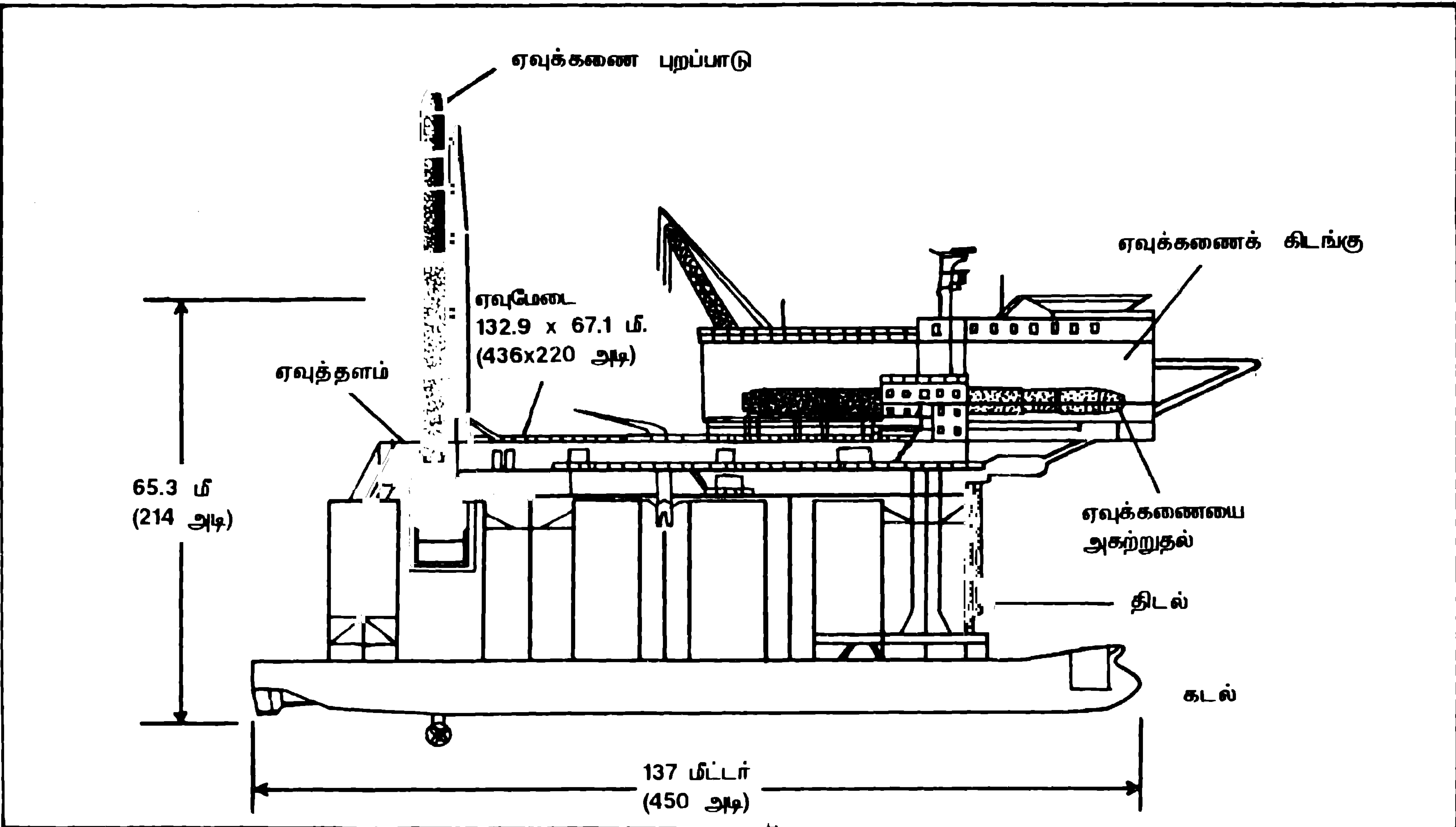
மடங்கு அதிக ஆற்றலுடன், எட்டு கோள்களை அடுத்த ஆறு ஆண்டுகளில் செலுத்தியது. H–I என்ற அடுத்த வரிசையில் தண்ணியல் உந்துவிசைப் படிவத்தை பொருத்தினர்; 550 கிலோ எடையுள்ள புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் ஆறு கோள்களை 1986க்குள் வெற்றிகரமாக செலுத்தியது. 1994இல் ஜப்பான் நாடே செய்த H–II ஏவுகணை செலுத்தப்பட்டது. அதன் இரண்டு படிவங்களும், நீர்ம எரிபொருளைப் பயன்படுத்தின; இணைக்கப் பட்ட இரண்டு திண்ம எரிபொருள் ஏவுகணைகள் உந்துவிசையை அதிகரித்தன.

பல தோல்விகளுக்குப் பிறகு ஜப்பான் H–II ஏவுகணைத் திட்டத்தையே கைவிட்டது. அந்நாட்டு விண்வெளித்திட்டத்தின் அடிக்கல் என அழைக்கப்பட்ட H–II ஏவுகணையின் இறுதித் தோல்வி 1999இல் நவம்பரில் நேர்ந்தது; முதற்படிவத்தின் என்ஜின் காலவரைக்கு முன்பே நின்றுவிட்டதால், ஏவுகணையிலுள்ள தன்னைத்தானே அழித்துக் கொள்ளும் முறை செயல்பட்டு, புறப்பட்ட ஏழுநிமிடங்கள் 35 வினாடிகளில் (கோளிலிருந்து அதன் போக்கை அறிவிக்கும் தகவல் நின்றுபோய் ஆறு வினாடிகளுக்குள்) ஏவுகணை அழிக்கப்பட்டது. ஏற்கெனவே 1998 பிப்ரவரி மாதம் இந்த வரிசையில் இருந்த ஏவுகணையின் இரண்டாம் படிவம் குறித்த காலத்திற்கு முன்பாகவே நின்றுவிட்டது. 2002இல் தண்ணியல் உந்துவிடைப் படிவங்களை அமைத்து, வலுவான H-IIA என்ற ஏவுகணையை ஜப்பான் வெற்றிகரமாகச் செலுத்தியது

கடலிலிருந்து ஏவுகணைகளைச் செலுத்துதல்

புவியின் நிலநடுக்கோட்டிலிருந்து கிழக்கு நோக்கிக் கோள்களைச் செலுத்தினால், புவியின் சுற்றுவேகத்தை முழுவதும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். கடலில் எண்ணைக் கிணறு தோண்டும் தளம் ஒன்றை, ஒரு கப்பலாக மாற்றி, அங்கிருந்து ஏவுகணைகளை செலுத்த ஆரம்பித்துள்ளனர். அக்'கப்பல்' 154° மேற்கு நெடுங் கோட்டில் நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. ஒடிசி (Odyssey) என்ற அத்தளத்தை, அமெரிக்கா, ரஷ்யா, நார்வே, யுக்ரேன் ஆகிய நாடுகள் இணைந்து அமைத்துள்ளன; 200 மீ நீளமும், 30 மீ அகலமும் கொண்ட இத்தளத்தில் 240 பணியாளர்கள் தங்கலாம் (படம் 22). மேல் தளத்திற்குக் கீழே ஏவுகணைகளை இணைக்க வசதி உண்டு.

1999இல் ஜெனித்–3SL (Zenit–3SL) என்ற மூன்று படிவ ஏவுகணையை இத்தளத்திலிருந்து வெற்றிகரமாகச் செலுத்தினர்.



படம் 22. பசிபிக் கடலில் நிலநடுக்கோட்டில் இயங்கிவரும் 'ஒடிஸி' என்ற ஏவுதளம். இங்கிருந்து ஏவப்படும் ஏவுகணைகள் புவியின் கிழக்கு நோக்கிச் சுற்றும் இயற்கை விசையை முழுவதும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

அமெரிக்காவின் எல்லா மாநிலங்களுக்கும் நேரடியாக வானொலி நிகழ்ச்சிகளை அனுப்பும் கோள் ஒன்றின் பேரலிகை ஒன்றை, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையில் ஏவுகணை செலுத்தியது. மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையின் சமதளம், புவிநிலநடுக்கோட்டுடன் கொள்ளும் சரிவு 0.53° சாய்வு கோணமே என்பது குறிப்பிடத் தக்கது. 2001இல் இரண்டு வானொலிக் கோள்களை இத்தளத்தி லிருந்து செலுத்தினர். புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையில் செல்ல முதற்கண் அடையும் மாற்றுப்பாதையில் சுமார் 5 டன் எடையுள்ள கோளை இத்தளத்திலிருந்து செலுத்த இயலும்.

8

ஆழ்ந்த விண்வெளியில் ஒரு அயனி என்ஜின்

செயற்கைக் கோள்களை கட்டுப்பாட்டு மையங்களிலிருந்து ஒவ்வொரு வினாடியும் கண்காணித்து இயக்கி வருகின்றனர். புவிக்கப்பால் பல்லாயிரம் கிலோமீட்டர் தொலைவில் செயற்கைக் கோள்கள் செல்வது சமீப காலம்வரை கற்பனையாகவே இருந்தது. ஆனால் இன்று தானே இயங்கும் கோள்கள் விண்வெளியில் சென்று கொண்டுள்ளன.

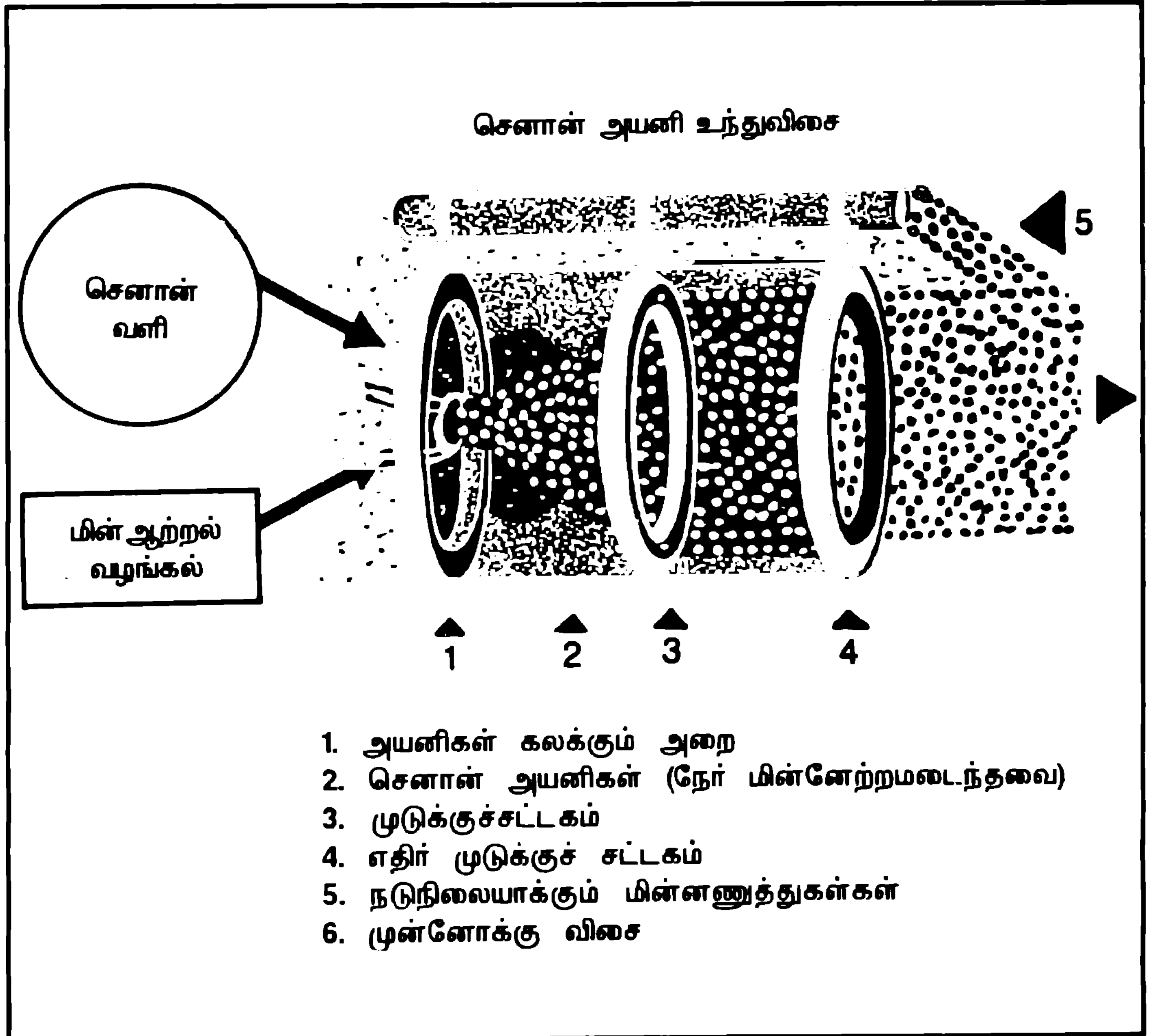
மிகத் திறமை வாய்ந்த கணிப்பொறிகள் தோன்ற ஆரம் பித்ததும், விரைவே தீரும் வேதி எரிபொருள்களுக்குப் பதில், அதைவிட பத்து மடங்கு அதிக வலுவைத் தரும் செனான்/அயான் என்ற எரிபொருளின் ஆற்றலை பரிசோதித்தனர். வேதி எரிபொருள் சில வினாடிகளில் அளிக்கும் உந்து விசையைத் தர, அயனிகளுக்குப் பல நாட்கள் தேவைப்படுகிறது. இருப்பினும், நீண்ட நாள் பயணத்தில் உந்துவிசையை மெதுவாக படிப்படியாகக் கூட்டலாம் என்பதால், அயனிகளைப் பயன்படுத்தத் துவங்கி யுள்ளனர்.

அயனி ஏவுகணை செயல்படும் முறையை சற்று பார்ப்போம். அதிக அழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள செனான், மின்னணுக் களை இழக்கும்பொழுது, அயனிகள் என்ற மின்சாரம் பாய்ந்த தூள்கள் வெகுவேகமாக (11,000 கி.மீ/மணி) ஏவுகணை வழியாக வெளியேறி உந்துவிசையை அளிக்கின்றது. (படம் 23)

நீண்டகால விண்வெளிப் பயணங்களுக்கு அயான்விசை பயன்படுகிறது. அமெரிக்க தேசிய விண்வெளி நிறுவனம் செலுத்திய முதல் செனான்/அயனி என்ஜினைக் கொண்ட கோள், ‘ஆழ்ந்த விண்வெளி 1’ என்ற பெயரில் 1998இல் செலுத்தப்பட்டது. அதன் நோக்கம் வால்கொண்ட விண்மீன்களுக்கருகே சென்று

ஆராய்வதே. இக்கோளில் உள்ள தானே இயங்கும் கணிப்பொறி குறிப்பிடத்தக்கது. கோளை சரியான பதையில் செலுத்த ஒன்று அல்ல இரண்டல்ல, 2½ லட்சம் விண்மீன்களின் இருப்பிடத்தை வழிகாட்டிகளாகக் கொண்டு, தனது பாதையை, கணிப்பொறி சரிபார்த்துக் கொண்டே செல்லுகின்றது. தேவைப்பட்டால், புவியில் உள்ள இயக்குநர்களை நாடவும் அக்கணிப்பொறியில் கட்டளைகள் உள்ளன.

செலுத்தப்பட்ட சில நாட்களிலேயே, தனது பாதை தவறு என்று உணர்ந்த கணிப்பொறி உடனே முடிவு ஒன்றும் எடுக்காமல், "மௌன' நிலையை மேற்கொண்டது. அதை அறிந்த இயக்குநர்கள் 14 முறை என்ஜினை மீண்டும் செலுத்த முயன்றனர். ஆனால்



படம் 23. செனான்/அயனி எரிபொருளால் பெறும் உந்துவிசை. இது வேதி எரிபொருளைவிட பத்து மடங்கு அதிகத் திறன்வாய்ந்தது. அழுத்தப்பட்ட செனான் வளி அயனிகளுடன் கலக்கப்பட்டு, அதில் தோன்றும் மின்னூட்டத் துகள்கள் அதிக திசை வேகத்தில் முடுக்கப் பட்டு, வெளியேறும்பொழுது ஏவுகணைக்கு உந்துவிசை கிடைக்கிறது.

அது இயலவில்லை. சில வாரங்களுக்குப் பிறகு தானகவே கலனின் என்ஜின் இயங்க ஆரம்பித்தது.

ஒரு ஆண்டு பயணத்திற்குப் பின் அக்கலன் 'ப்ரயில்' என்ற விண்பாறைக்கருகே சென்று அதைப் படம்பிடித்துக் காட்டியது. பின்னர் வேறு சில பாறைகளை அடைய தனது பாதையை மாற்றிக் கொண்டது. விண்மீன்களை நோக்கும் முறையில் மீண்டும் சில கோளாறுகள் ஏற்பட்டதால், 'மௌன' நிலையை மீண்டும் மேற்கொண்டது.

சில அயனி என்ஜின்கள் வெகு தொலைவில் இயங்கினாலும், வேறு சில, புவிக்கருகே சுற்றும் செயற்கைக் கோள்களின் போக்கைக் கட்டுப்படுத்தவும் உதவுகின்றன. இந்த எரிபொருளின் எடை வேதி எரிபொருளைவிட 90 விழுக்காடு குறைந்துள்ளது. கோள்களின் போக்கு அவ்வப்பொழுது சரிப்படுத்த சிறிய ஏவுகணைகள் தேவை. அவை இயங்க எரிபொருள் ஓரளவிற்குத்தான் கோளில் எடுத்துச் செல்லலாம். ஆகவே, ஒரு கோளின் பயனுள்ள காலம், அதற்கான எரிபொருள் இருப்பதைப் பொருத்தது. குறைந்த எடையுள்ள செனான்/அயினி ஒவ்வொரு பவுண்டு எரிபொருளுக்கும் சாதாரண எரிபொருளைவிட பத்து மடங்கு அதிக விசையை அளிக்கின்றது. இதற்கு ஒரு நாளிற்கு 100 கிராம் செனான்தான் தேவை.

உலகின் மிகப்பெரிய தகவல் தொடர்புக் கோள் (காலக்ஸி XI) இத்தகைய செனான்/அயினி என்ஜினை எடுத்துச் சென்றுள்ளது. மேலும் இதர பத்து அமெரிக்கக் கோள்களும், ஆறு ரஷ்யக் கோள்களும் அயினி என்ஜின்களால் கட்டுப் படுத்தப்படுகின்றன. ஆர்டிமிஸ் (Artimis) என்ற ஐரோப்பிய தகவல் தொடர்புக் கோளிலும் செனான் உந்துவிசை பயன்படுகிறது.

செனான்/அயனி என்ஜினை அணைத்து மீண்டும் செலுத்த இயலும் என்பதைக் கண்டு, அம்முறையை ஸ்வீடன் நாடு செய்து வரும் ஒரு சிறிய கோளில் பயன்படுத்த உள்ளனர். புதன் கோளிற்கு 2009இல் செலுத்த இந்தச் செயற்கைக்கோள் பயன்படும்.

விண்ணில் ஒரு கவண்வீச்சு

வேடன் ஒருவன் கயிற்றில் தொங்கவிட்ட கல்லை எறிவதை எண்ணிப் பாருங்கள். விண்வெளியிலும் பொருட்களை கயிற்றால் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டு கவண் வீசலாம். கயிற்றுக்குப் பதில் கம்பியை வீசி எறிந்தால், அதில் பாயும் மின்சாரம் புவியின் காந்த வயலுடன் கலந்து உந்துவிசையை உண்டாக்குமெனக் கண்டுள்ளனர்.

இப்படிச் செய்தால், எரிபொருள் உபயோகிப்பதைக் குறைக்கலாம். 1960ஆம் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு இத்தகைய கயிற்றுக்கட்டுகள் 17 கோள்களுடன் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

1996இல் அமெரிக்க ஷட்டில் கலனிலிருந்து 20 கி.மீ. வரை ஒரு கம்பியை வெளியே விண்ணில் 'மிதக்க' விட்டார்கள். அக்கம்பி புவியின் காந்த வயலை (கதிரவனைச் சுற்றும் இயற்கைக் கோள்களில் புவிதான் மிக சக்தியுள்ள காந்த வளையங்களைக் கொண்டுள்ளது.) ஊடுருவிச் சென்றபொழுது, 3500 ஓல்ட் (மின் அழுத்த அலகு) மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்தது. அக்கயிற்றில் கலனுடன் இணைக்கப்பட்ட புறத்தில் சற்றே எதிர் மின்னேற்றமும், கலனுக்கு அப்பாலுள்ள மற்றொரு முனையில் சற்றே நேர் மின்னேற்றமும் தென்பட்டது. அயனிமண்டலத்தின் அயான்கள் கயிற்றின் நேர்மின்னேற்றப் பகுதியால் கவரப்பட்டன. ஐந்து ஆம்பியர் (மின்னோட்ட அலகு) மின்சாரம் கயிற்றில் பாய்ந்தது. சரியான மின்காப்பு இல்லாததால், கயிறு அறுந்தது. அந்த வேகத்தில் கலனிற்கு 20 கி.மீ. மேலாக சுற்றிவந்த ஒரு சிறிய கோளை 140 கி.மீ. வரை இழுத்துச் சென்றது!

கம்பிக் கட்டைப் பயன்படுத்தி கோள்களிலிருந்து எடைகளை இறக்கலாம் என்றும் கூறுகின்றனர். கோளில் கோளாறு தோன்றினால் அவற்றை இறக்கிவிடலாம். விண்ணில் உள்ள மின்சாரத்தை கம்பிக்கட்டுமூலம் பயன்படுத்தி, புவியின் காந்த வயலுக்கு எதிரே தள்ளலாம். இதனால் எரிபொருளை விண்ணில் மீண்டும் நிரப்ப வேண்டி வராது. மற்றொரு வாய்ப்பும் உள்ளது. சுற்றுப்பாதைகளில் வேகமாகச் செல்லும் கம்பிக்கட்டின்மூலம், கோள்களை வீசி, வாலில்லா குரங்கு கிளைக்குக் கிளை தாண்டிப் பாய்வதைப்போல் கோள்களின் உயரத்தை அதிகரிக்கலாம்!

காற்றடைத்த பலகைகள்

கால்பந்துக்குக் காற்றடைப்பதைப்போல, கோள்களின் சில உறுப்புகளை விண்வெளியில் (புவியிலிருந்து எடுத்துச்சென்ற) காற்றை அடைத்து முழுவடிவம் பெறச் செய்யலாமென்று கூறுகின்றனர். உதாரணமாக, கதிரவனின் கதிர்வீச்சைப் பிரதிபலிக்கும் பலகைகள், அதன் விசையைத் தடுக்கும் 'பாய்கள்', ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றும் பலகைகள், தொலைநோக்கிகளில் கதிரவன் வெப்பத்தைத் தடுக்கும் குடைகள் போன்ற பல பகுதிகளை விண்ணில் காற்றடைத்து இயங்கச் செய்யலாம்.

'ஆழமான விண்வெளி-4' என்ற பயணக்கோளில், காற்றடித்து விரிக்கப்படும் கதிவீச்சுப் பலகையைக் கொண்டு மின்விசை பெற்று அயான் என்ஜினை இயக்குவார் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. அதற்கடுத்த கோளில், 'ஆழமான விண்வெளி-5'இல் கதிரவனின் விசையைத் தாங்கும் பாய் ஒன்றை அமைக்க உள்ளனர். மிகப் பெரிய அளவில் விரியும் உறுப்புகளை மடித்து வைத்து, விண் வெளியில் அவற்றின் முழு உருவத்தை வருமாறு செய்தால், ஏவுகணை கொண்டு செல்ல வேண்டிய எடை குறைந்து, செலவும் குறையும் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர்.

விண்வெளி உயர்த்தி

ரஷ்ய தொழில்நுட்ப வல்லுநர், யூரி அர்ட்சுடநாவ் (Yuri Artsutanov) விண் உயர்த்தி ஒன்றை அமைக்கலாம் என்று ஒரு அரிய கருத்தை வெளியிட்டுள்ளார். விஞ்ஞான எழுத்தாளர் ஆர்தர் கிளார்க் (Aurthur Clarke) இக்கருத்தை மேலும் வலியுறுத்தியுள்ளார். எஃகைவிட 100 மடங்கு வலுவான C60 என்ற பொருளை, பக்மின்ஸ்டர் புல்லரின் (buckminsterfullerene) என்று அழைக்கப்படும் குழாய் போன்ற வடிவில் பயன்படுத்தி, ஒரு விண் உயர்த்தியை அமைக்க லாம் என்று விவரித்துள்ளார். நிலநடுக்கோட்டிலிருந்து சுமார் 35,876 கி.மீ. உயரத்திற்கு மனிதனும், பொருள்களும் சென்றுவர அத்தகைய உயர்த்தியை இயக்கலாம் என்று கூறியுள்ளார். கேவ்லார் (Kevlar) என்ற (எஃகைவிட வலுவான ஆனால் இலேசான) பொருளையும் இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், மின்சாரம் தடைபட்டால், உயர்த்தியில் செல்பவர்கள் ஏறிச் செல்ல படி இருக்காது!

ஏவுகணையின் அமைப்பிலும் அடிப்படை மாறுதல்களை செய்ய ஆராய்ந்து வருகின்றனர். அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவன விஞ்ஞானி ஒருவர் கணக்கிட்டபடி, காற்றுவெளி கீழே தள்ளும் விசை ஒரு விழுக்காடு குறைந்தாலும், கிடைமட்டமாகச் செல்லும் காற்றை உட்கொண்டு இயங்கும் ஏவுகணை ஐந்து விழுக்காடு அதிகமான எடையை ஏற்றிச் செல்லலாம். ஆகவே, இலேசான கலவைப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தியும், அதிக வெப்பத்தை சமாளிக்கும் வெப்பக் காப்புகளை ஆராய்ந்தும் பரிசோதனைகள் நடைபெறுகின்றன.

மற்றுமொரு ஆராய்ச்சியை அமெரிக்க கடற்படை 1999இல் அறிவித்தது. புதிய நீர்ம உந்து எரிபொருள் சேர்க்கை ஒன்றை அந்நாட்டில் உருவாக்கியுள்ளனர். இப்பொழுது பழக்கத்தில் உள்ள

நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைட், ஹைட்ரசைன் (nitrogen tetroxide, hydrazine) சேர்க்கைக்குப் பதில் இப்புதிய எரிபொருள் நன்கு பயனாகும் என்று கூறப்படுகிறது.

அணுவிசை

வேதி எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணையின் மிக அதிகமான உந்துவிசை அதிகரிப்பு ஒரு வினாடிக்கு 10 கி.மீ. என்று கண்டுள்ளனர். இந்த அளவு விசை, புவியை சுற்றும் பாதையிலிருந்து தப்பிச் செல்ல, கோள்களுக்கு அளிக்கப்படுகின்றது. ஆனால் அணுவிசையால் இயங்கும் ஏவுகணை வினாடிக்கு 22 கி.மீ. உந்துவிசை அதிகரிப்பை அளிக்கின்றது. அணுவிசையால் இயங்கும் உந்து என்ஜின்களை புவிக்கு சுமார் 800 கி.மீக்கும் மேலாகக் கொண்டு சென்று அங்கிருந்து செலுத்தலாம். கதிரவனைச் சுற்றும் மாபெரும் இயற்கைக் கோள்களிலிருந்து நீர்வளியைப் பெற்று, அணுவிசையை உற்பத்தி செய்து செயற்கைக்கோளை இயக்கலாம் என்றும் கூறுகின்றனர்.

கதிரவனைவிட்டு வெகுதொலைவில் செயற்கைக் கோள்களுக்குத் தேவையான விசையை அளிக்க அணுவிசை தேவை. ஏனெனில் கதிரவனின் வெப்பம் அங்கு மிகவும் குறைந்துவிடுகிறது. வியாழனுக்குச் சென்ற கலீலியோ கோளும், சனிக்குச் சென்ற கஸினி கோளும் அணு ஓரிமத்தால் இயங்கும் அனல்மின் இயற்றிகளை ஏற்றிச் சென்றன. அவை புளுடோனியம்–238 அழிவதால் தோன்றும் வெப்பத்தை பயன்படுத்திக் கொண்டன.

ஒரே படிவ ஏவுகணை

ஏவுகணை பற்றி முன்கூட்டியே கணித்த மேதை ரஷ்யாவின் பள்ளி ஆசிரியர் சியால்கோவிஸ்கி (Tsiolkovsky) (1857—1935), ஒரு ஏவுகணை ஏன் படிவங்களைக் கொண்டதாக இருக்கவேண்டும் என்று விவரித்தார். மேலே செல்லச் செல்ல (ஈர்ப்பு விசை குறைந்து வருவதால்), உந்துவிசை என்ஜின்கள் அதிகப் பயன் அளிக்கும் என்று சுட்டிக்காட்டினார். இது இன்றும் ஏவுகணைக்கு இலக்கணமாக உள்ளது. ஆனால், இன்று அதிக வலுவுடனும் இலேசான பொருளுடனும் அமைக்கப்படும் சில ஏவுகணைகள் 'ஒரே மூச்சில்', ஒரே படிவத்தைக் கொண்டு சுற்றுப்பாதையை அடைய முயன்று வருகின்றன. சுற்றுப்பாதையை அடைய ஒரு

ஏவுகணையின் எடையில் 90 விழுக்காடு எரிபொருளே. இந்த விழுக்காட்டை பொருண்மை விகிதம் என்றும் கூறுகின்றனர். இலேசான பொருட்களால் ஏவுகணைகள் செய்யப்படவுள்ளன. எரிபொருள் தேக்கிகளுக்கும், வெப்பக் காப்புகளுக்கும், புதிய கலவைகள் பலவற்றை பரிசோதனை செய்துவருகின்றனர். இத்தகைய வலுவான, இலேசான பொருள்களைக் கொண்டு செய்த உறுப்புகள் சரியாகப் பணிபுரிகின்றனவா என்று அறிய 'காற்று அழுத்தக் குகைகளில்' பரிசோதனைகள் செய்யப்படுகின்றன. இப்பணியை கணிப்பொறிகளைக் கொண்டும் செய்து, வானத்திலும், விண்வெளியிலும் புதிய பொருள்கள் இயங்கும் விதத்தை ஆராய்ந்துள்ளனர். விண்வெளியுள்ள நிலையை தரை மட்டத்தில் சரிவர உண்டாக்க இயலாததால், விவரங்களை கணிப்பொறிமூலம் பெறுகின்றனர். பன்முறை செயல்படும் ஏவுகணைகளை அமைக்க பரிசோதனைகள் நடத்தப்படுகின்றன.

1993இல் அமெரிக்கத் தனியார் நிறுவனம் ஒன்று மாக்டோனல் டக்லஸ் (McDonald Douglas), டெல்டா க்ளிப்பர் (Delta Clipper) என்ற முதல் பரிசோதனை ஏவுகணையை புதிய மெக்ஸிகோவிலிருந்து செலுத்தியது. இது பன்முறை செயல்படும் என்று எதிர்பார்க்கப் படுகிறது. சாதாரண ஏவுகணையில் மூன்றில் ஒரு பங்கு அளவு கொண்ட DC-X என்ற இந்த மாதிரி ஏவுகணை 30 மீ உயரே சென்று, நகராது சற்றே நின்று, தண்ணியல் எரி பொருள்களைப் பயன்டுத்தி, மெதுவாக ஒரு கான்கிரீட் மேடையில் இறங்கியது. 1995 வரை எட்டுமுறை இந்த ஏவுகணையை இயக்கி யுள்ளனர். 1996இல் ஆளில்லாத இந்த ஏவுகணை தோல்வி அடைந்தது. இருப்பினும் இப்பரிசோதனை தொடரும். இதன் முதல் முயற்சியை முதல் விமானப் பரிசோதனை நடத்திய ரைட் சகோதரர்களின் அரும்பணிக்கு சிலர் ஒப்பிட்டனர்.

காற்றை உறிஞ்சும் என்ஜின்கள்

ஏவுகணைகள் தமக்குத் தேவையான உயிர்வளியை எரிபொருள் களாக எடுத்துச் செல்கின்றன. இதற்கு மாறாக, காற்றை உறிஞ்சும் என்ஜின்கள், உயிர்வளியைக் காற்று வெளியிலிருந்து எடுத்துக் கொள்கின்றன. இதனால் ஏவுகணைகளின் எடையும், அளவும் குறைந்துவிடும். சில விமானங்கள் (டர்போ ஜெட் போன்றவை) காற்றை உறிஞ்சி, அதை என்ஜினின் சுழலும் விசிறிகளால் எரி பொருள்களுடன் கலப்பதால் உண்டாகும் விசையைப்

பயன்படுத்துகின்றன. ஒலி செல்லும் வேகத்தைவிட மூன்று அல்லது நான்கு மடங்கு அதிக வேகத்தில் அவை செல்லக்கூடும். இன்னொரு முறைப்படி, ஏவுகணையின் (அல்லது விமானத்தின்) வேகத்தைக் கொண்டே காற்றுவெளியில் உள்ள உயிர்வளியை இறுக்கி, நீர்ம எரிபொருளுடன் கலந்து, ஒலியை விட ஏழு மடங்கு வேகத்தை அடைய விண்ணில் பரிசோதனைகள் நடந்து வருகின்றன.

விமானங்களிலிருந்து விண்பயணம்

காற்றுவெளியில் நடுப்பகுதியில் விமானங்களிலிருந்து ஏவுகணை களைச் செலுத்தி கோள்களை சுற்றுப்பாதைக்கு அனுப்புவதையும் பரிசோதித்துள்ளனர். 12,000மீ. உயரத்தில், காற்றழுத்தம் கடல் மட்டத்தைவிட நான்கில் ஒரு பங்கே இருப்பதால், ஏவுகணைகளின் மீதுள்ள அழுத்தம் வெகுவாகக் குறைந்துவிடுகின்றது. குறைந்த அழுத்தம் இருப்பதால் ஏவுகணையில் விசையை வெளியேற்றும் பகுதியை மேலும் திறனாக அமைத்து, ஏவுகணையின் பொருண்மை யையும் குறைக்கலாம். ஏவுகணைகளை செலுத்தும் தளம் பறந்து கொண்டிருப்பதால், வானிலை இடையூறுகளிலிருந்து ஓரளவு தப்பலாம். இந்தக் கருத்து புதிதல்ல; இருப்பினும், பெரிய விமானங்களும் சிறிய கோள்களும் தோன்றியுள்ளதால் செயல் முறைக்கு இந்தக் கருத்து வரலாம் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர். 1989 ஏப்ரலில் அத்தகைய ஏவுகணை ஒன்று பெகாஸிஸ் (Pegasus) என்ற பெயரில், 12 கோள்களை புவியைச் சுற்றியுள்ள தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தியது. 1993 ஏப்ரலில் X–கதிர்களை பதிவு செய்யும் சிறிய கருவியை சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தியது. 13,000மீ. உயரத்திலிருந்து ஐந்து வினாடிகளுக்கு விசையின்றி கீழே இறங்கிப் பின்னர் முதற்படிவம் இயங்கி, ஏவுகணையை 70° சாய்விற்குத் திருப்பி, கோள்களை 640 x 720 கிமீ. சுற்றுப்பாதையில் செலுத்திற்று. 2001 ஜூன் மாதத்தில், பெகாசிஸ் என்ற மற்றொரு ஏவுகணையை, அது விமானத்திலிருந்து மேலே செலுத்தப்பட்ட 50 வினாடிகளில், அழித்தனர்; ஏவுகணை தவறாகச் செயல்பட்டது.

பன்முறை பயன்படுத்தப்படும் ஏவுகணையை அமைக்க புதிய கருத்துகள் வந்தவண்ணமிருக்கின்றன. ஒரு யோசனைப்படி, போயிங்-747 விமானம், மற்றொரு சிறிய விமானத்தை 'வழுக்கு ஊர்தி' (கிளைடர்) போல் இழுத்துச்சென்று, 6000 மீ உயரத்தில் பன்முறை பயனாகும் ஏவுகணையை இயக்கி, சிறிய விமானத்தை 30,500 மீ. உயரத்திற்கு செலுத்துகிறது. வளைவான பாதையில் சிறிய

விமானம் உயரே சென்றதும், அதனுள்ளிருக்கும் கோளும் அதன் மேற்படிவமும், வெளியே சுற்றுப்பாதையில் தள்ளப்படுகின்றன. 'வழுக்கு ஊர்தி' காற்றுவெளியுட் புகுந்து விமானம்போல் இறங்குகின்றது. இம்முறையால் ஏவுகணையை செலுத்தும் செலவு குறையும் என்று கூறப்படுகிறது.

மற்றுமொரு அமைப்பில், ஏவுகணையைப்போல் உள்ள ஒரு விமானம், நீர்ம உயிர்வளியைப் பயன்படுத்தி, ஒரு ஏவுகணையின் மேற்படிவத்தை வெளியே உந்திவிடுகிறது. இப்படிவத்தை மீண்டும் பயன்படுத்துவதில்லை. பறக்கும் பொழுதே விமானத்திற்குத் தேவையான எரிபொருள் ஊட்டப்படுகிறது.

பன்முறை பயனாகும் ஏவுகணைகள் குறைந்த செலவில் அமைவது திண்ணம். ஏவுகணைகள் காற்றை ஈற்று இயங்கும் முறைகள் சில நாடுகளில் பரிசோதிக்கப்பட்டு வருகின்றன.

9

இன்சாட் இணைப்பு

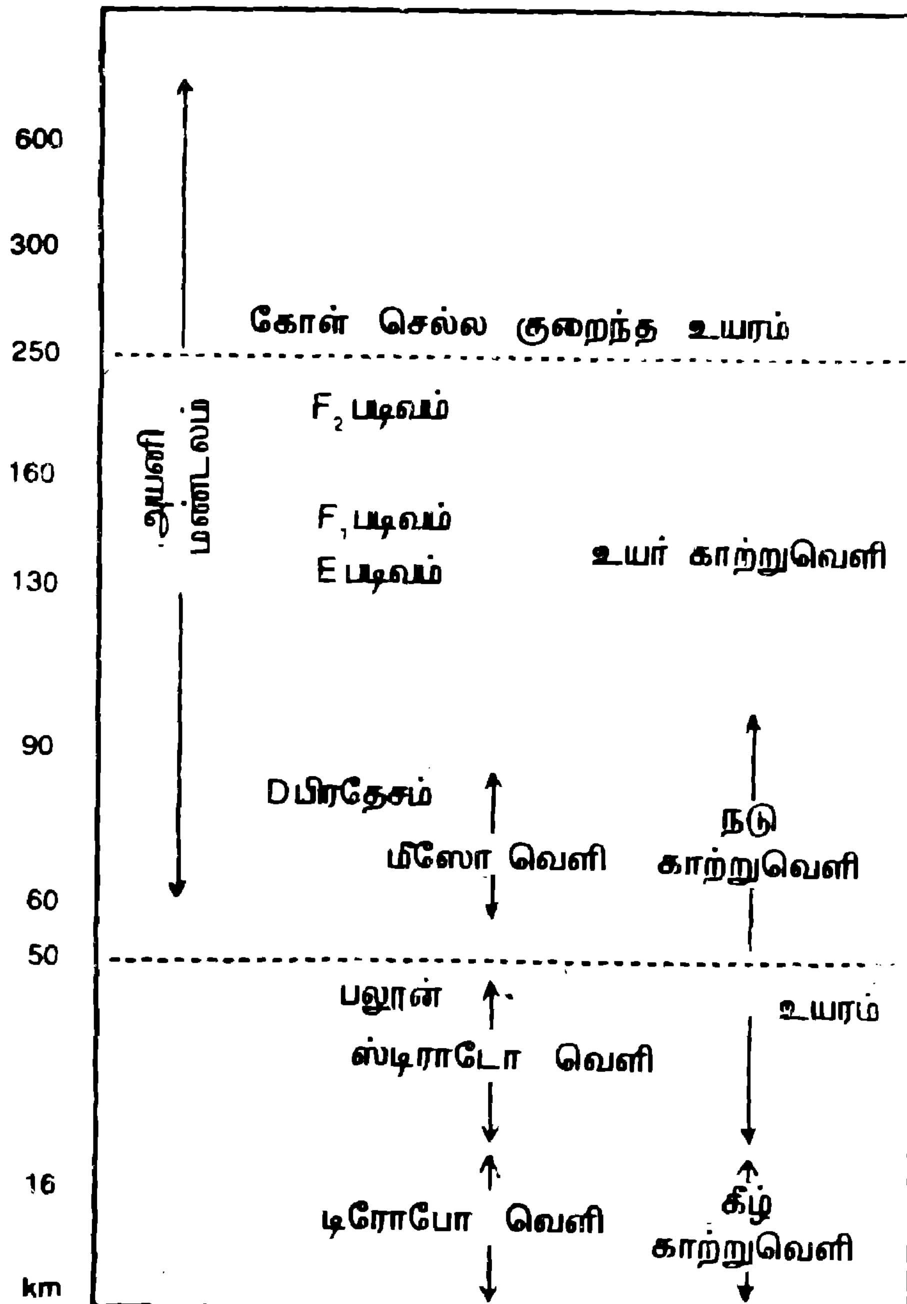
புவியின் காற்றுவெளியும் அயனிமண்டலமும் இயங்கும் தன்மையை சற்றே அறிந்தால், செயற்கைக்கோள்கள் இயங்கும் விதத்தையும், அவற்றின் சிறப்பையும் நன்கு அறியலாம்.

புவியின் காற்றுவெளியை ஒரு வளிஅடுக்குப் போர்வை என்றே கூறலாம். காற்றுவெளி கதிரவனின் வெப்பத்தை புவிக்கு அனுப்பி, புவி பிரதிபலிக்கும் வெப்பத்தை தன்னிடமே நிறுத்திக் கொள்கின்றது. சுமார் 80 கி.மீ. உயரம்வரை, காற்றுவெளியின் அமைப்பு சீராகவே உள்ளது. அதற்குமேல் வெவ்வேறு வளிப்படிவங்கள் உள்ளன. (படம் 24)

புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள படிவத்திற்கு 'டிரோபோஸ்பியர்' (Troposphere) என்று ஆங்கிலத்தில் பெயரிட்டுள்ளனர். இதில் புழுதி, மேகங்கள், காற்று போன்றவை உள்ளன. இவ்விடத்திலேயே புவியின் வானிலை அனேகமாக உருவாகின்றது. இப்படிவம் முடியும் இடத்தை 'டுரோபோபாஸ்' (Tropopause) என்று அழைக் கின்றனர். இதற்கு மேலே 50 கி.மீ. வரை அமைதியான சூழ்நிலை உள்ளது. இதற்கு 'ஸ்ட்ரேடோஸ்பியர்' (Stratosphere) என்று பெயர். இங்குதான் ஓசோன் (Ozone) என்ற வளி கதிரவனின் புற ஊதா அலைகளை உறிஞ்சிவிடுகின்றது; அதனால் புவியில் உயிரினங்கள் வாழ முடிகின்றது. ஓசோன் இல்லாவிடில் உயிரினங்கள் கடலுக் கடியேதான் அடைந்துகிடக்க நேரிட்டிருக்குமென்று சிலர் கருது கின்றனர். ஓசோன் உள்ள இடத்திற்கு மேலே 90 கி.மீ. வரை, வெப்பம் மிகக் குறைந்து காணப்படுகிறது. 90 கி.மீ. வரை உள்ள காற்றுவெளியை (நடு காற்றுவெளி) தற்காலத்தில் மிகவும் உன்னிப்பாக ஆராய்ந்து வருகின்றனர். 90 கி.மீக்குமேலே, மேற்காற்று வெளியில் வெப்பம் சற்று அதிகமாகத் தென்படுகிறது. அந்த இடத்தை தெர்மோஸ்பியர் (Thermosphere) என்றும் அழைக்கின்றனர்.

மின்காந்த அலைகள்

நாம் உலகைப் பார்க்க உதவும் ஒளி, எங்கும் பரவியுள்ள மின்காந்த ஆற்றலில் ஒரு பகுதியே. மின்சாரமும் காந்த வயலும் சேர்ந்து உருவாகும் மின்காந்த அலைகள் யாவும் ஒளியின் வேகத்தில் செல்லுகின்றன. ஜேம்ஸ் கிளார்க் மாக்ஸ்வெல் (James Clerk Maxwell) என்ற அறிஞர் (1831-1879) ஒரு அரிய சாதனையைப் புரிந்தார். மின்காந்த ஆற்றல் ஒளி ரூபத்தில் மட்டும் இயங்குவ தில்லை என்று சுட்டிக்காட்டினார். அவரது கணக்கை நிரூபித்துக் காட்டிய மற்றொரு மேதை ஹென்ரிச் ஹெர்ட்ஸ் (Heinrich Hertz) (1857-1895) என்பவர். ஒரு வினாடி நீடிக்கும் அலைநீளச் சுற்றை இவர் பெயரால் இன்று உலகம் அழைக்கின்றது. இதன்படி, உதாரணமாக,



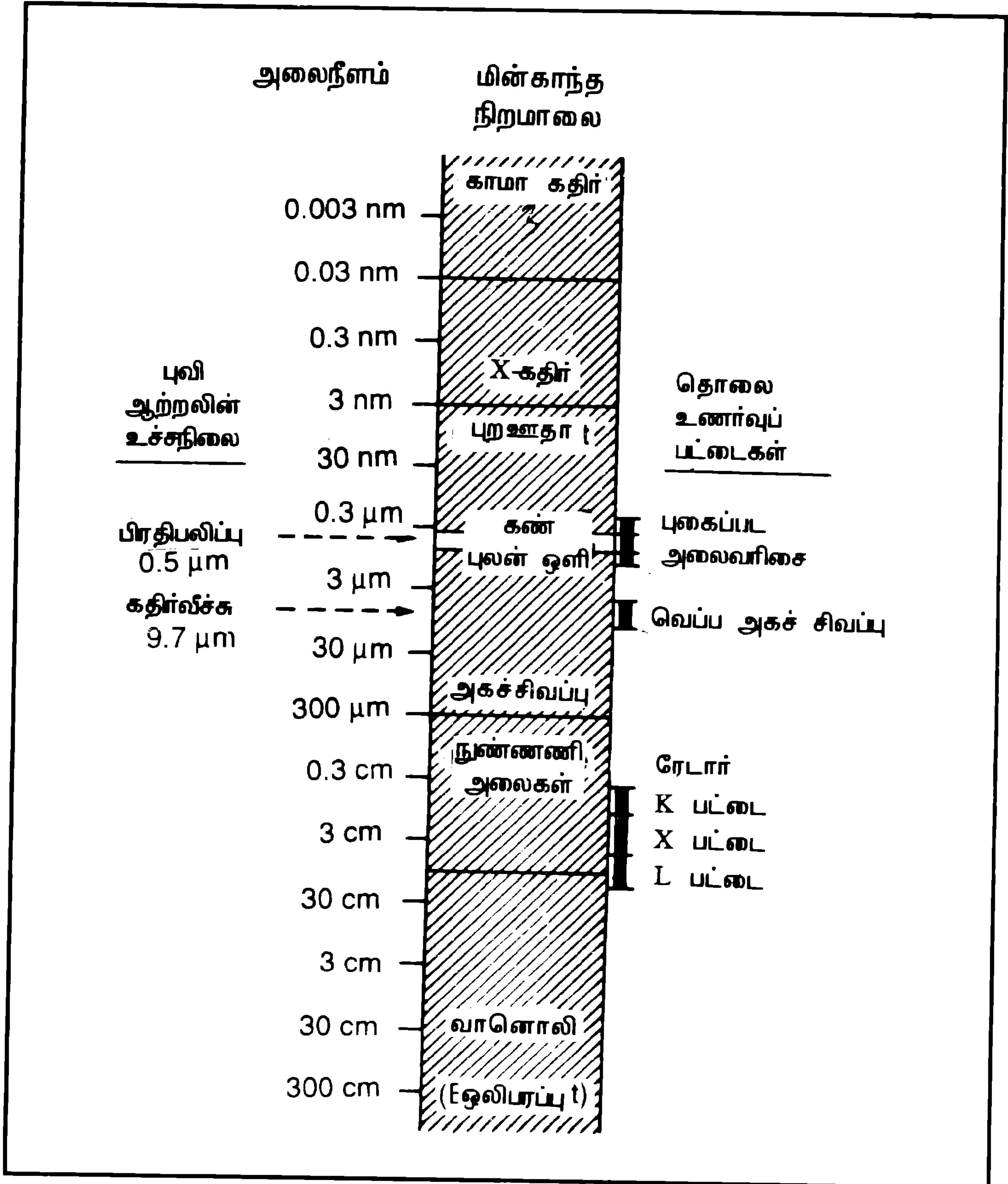
படம் 24. காற்றுவெளியின் பல படிவங்கள்—இதில் வானொலியைப் பிரதிபலிக்கும் கண்ணாடி என்று அழைக்கப்படும் அயனி மண்டலமும் உள்ளது.

மெகா ஹெர்ட்ஸ் (Mega Hertz) (சுருக்கமாக MHz என்று குறிப் பிடலாம்), என்றால் வினாடிக்கு ஒரு மில்லியன் (மெகா, அல்லது 1,000,000) சுற்றுகள் எனவும், கிகா ஹெர்ட்ஸ் (Giga Hertz, GHz) என்றால், வினாடிக்கு ஒரு பில்லியன் (Billion) அதாவது, ஆயிரம் மில்லியன் சுற்றுகள் எனவும், மின்காந்த அலைகளின் அதிர் வெண்களை அழைக்கிறோம்.

பல கதிர்வீச்சு அலைகளை அவற்றின் அதிர்வெண்களை (அல்லது நீளத்தை) பொருத்து, வினாடிக்கு அவற்றின் சுற்றுகளை அடுக்கிக்காட்டும் வரிசையை மின்காந்த நிறமாலை என்று அழைக்கின்றனர். (படம் 25) இந்த நிறமாலையின் ஒருபுறத்தில் நீண்ட வானொலி உள்ளது; அதை அடுத்து தகவல் தொடர்பு அலைவரிசைகளும் உள்ளன. அங்கிருந்து, சுற்றுகள் அதிகரித்துக் கொண்டும், அதே சமயத்தில் அலைநீளம் குறைந்துகொண்டும் தோன்றி, நீள அலைகள், குறுகிய (வானொலி) அலைகள், தொலைக்காட்சி அலைகள், ரேடார், நுண்ணலைகள் (மைக்ரோ அலைகள்)—100 மெகா எர்ட்ஸ் (MHz)க்கும் மேலாக அகச் சிவப்பு, நாம் பார்க்கும் ஒளி, புற ஊதா, எக்ஸ்கதிர்கள் (X கதிர்கள்), காமா (Gama) கதிர்கள் என்றெல்லாம் வரிசையாக உள்ளன. (அலைநீளம் என்பது, சீரான அதிர்வெண்ணையும், அசைவையும் கொண்ட ஒரு அலையின் அடுத்தடுத்து வரும் உச்ச கட்டங்களிடையே உள்ள தொலைவைக் குறிக்கும்). உதாரணமாக, மைக்ரோ அலை களை, தரையில் பொருத்தப்படும் தொடர்புகளுக்கும், செயற்கைக் கோள்களின் தொடர்புகளுக்கும் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களில் பயன்படுத்துகின்றனர்.

வானொலிக்கு ஒரு 'கண்ணாடி'

காற்றுவெளியில் அயனி வெளியும் உள்ளது; 50 கி.மீ. உயரத்தி லிருந்து 1000 கி.மீ. வரை பரவியுள்ள அயனிவெளியை வானொலி களை பிரதிபலிக்கும் 'கண்ணாடி' என்றும் அழைக்கின்றனர். கதிரவனின் கதிர்வீச்சு காற்றுவெளியின் வளிகளையும், மூலக்கூறு களையும், அணுக்களையும் மின்வயப்படுத்துவதால் அயனி மண்டலம் தோன்றுகிறது. அயான்களும், மின்னணுக்களும் பற்பல உயரங்களில் வெவ்வேறு படிவங்களாக அமைந்துள்ளன. கதிரவன் இல்லையேல் அயனிவெளியும் இல்லை. விண்கதிர்களும் அயனி வெளியை, குறிப்பாக 50-65 கி.மீ. வரை, உருவாக்குவதில் பங்கு பெறுகின்றது. அயனிவெளியில் நான்கு பெரிய படிவங்கள்



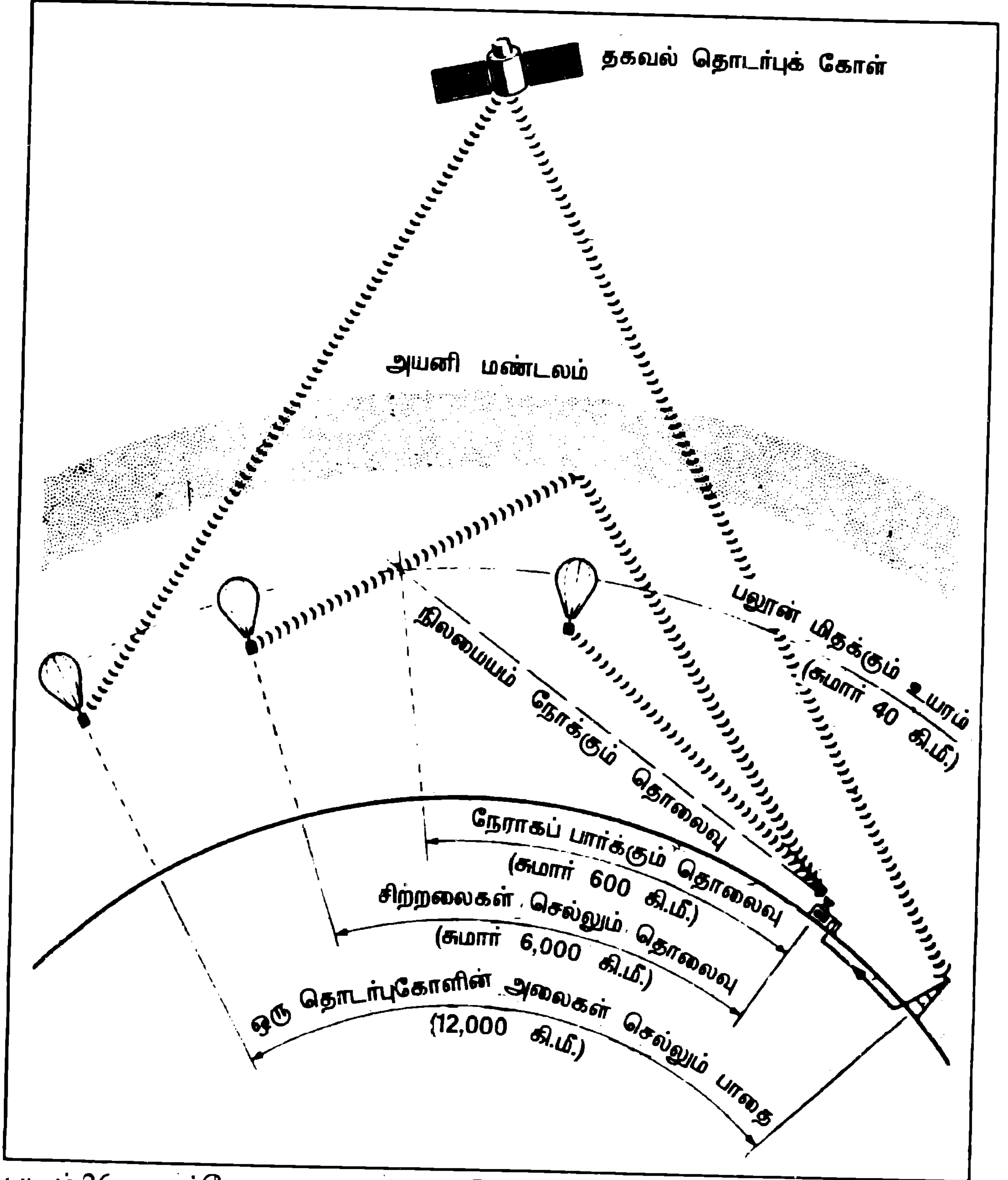
படம் 25. மின்காந்த நிறமாலை. வானொலியிலிருந்து காமா கதிர்கள் வரை மின்காந்த அலைகளின் பட்டியல். வானொலியும், நாம் காணும் நிறங்களும் மட்டுமே காற்றுவெளிக்குள் புகுந்துவரும். மற்ற அலைகளை காற்றுவெளி அநேகமாகத் தடுத்து நிறுத்திவிடுகிறது.

உள்ளன. 50 கி.மீ. முதல் 90 கி.மீ. வரை D படிவமும், இதைத் தொடர்ந்து 90 முதல் 150 கி.மீ. வரை E படிவமும், 150 முதல் 300 கி.மீ. வரை F படிவமும் உள்ளன. 300 கி.மீ. முதல் 1,000 கி.மீ வரை மேற்படிவ அயனிவெளி என்று அழைக்கின்றனர்.

அயனவெளியை முழுவதும் நம்ப முடியாது! வானொலி நிகழ்ச்சிகளை சரிவர கேட்கவிடாதபடி, அந்த அலைகள் அவ்வப்

பொழுது மங்கி விடுகின்றன. குறிப்பாக நீண்ட அலைகள் இப்படி வலுவிழக்கின்றன. சிற்றலை வரிசை அதிகமாக மங்குவதில்லை. வேண்டாத ஓசைகள் கதிரவனின் கதிர்வீச்சால் எழுகின்றன. எல்லா இடங்களிலும் கேட்கும்படி ஒலியைப் பரப்புவதால் இந்த நிலை தோன்றுகிறது. இதற்கு மாறாக, ஒரு இடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு மட்டுமே தொடர்புகொள்ள, நுண்ணலைகளைப் பயன்படுத்தினால், அயனிவெளியின் தயவு தேவைப்படாது! நுண்அலைகளைச் செலுத்தும் கருவிகளின் தட்டங்கள் ஒன்றை யொன்று 'பார்க்கும்'படி நேரடிக்கோட்டில் வைக்கப்படவேண்டும். இதற்காகத் தொலைத்தொடர்பு கோபுரங்களை நாம் நகர்புறங்களில் காணலாம். இரு கோபுரங்களுக் கிடையே உள்ள தொலைவு (50–60கி.மீ. கூட இருக்கலாம்) அதிகரிக்க அதிகரிக்க, கோபுரங் களின் உயரத்தையும் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லவேண்டும். புவியின் கோளவடிவால், ஓரளவிற்கு மேல் கோபுரத்தின் உயரத்தை அதிகரிப்பதால் பயனில்லை. பலூன்களைச் செலுத்தி அவற்றின் மூலம் அதிகத் தொலைவுவரை தொடர்பு கொள்ளலாம். ஆனால் பலூன்கள் சரியான உயரத்தில் நீண்ட நாட்கள் மிதக்காது. பலூன்களைவிட உயரே, விரைவே சீரழியாதபடி, இயங்க செயற்கைக்கோள்களைப் பயன்படுத்து கின்றனர். புவியின் நிலநடுக் கோட்டிற்கு மேல் சுமார் 36,000 கி.மீ. உயரத்தில் புவியிடன் இணைந்து இயங்கும் கோள், முன்னமே குறிப்பிட்டதுபோல, புவியின் மூன்றில் ஒரு பங்கை 'நோக்கும்'. அதன் தொடர்பு அலைகளை ஏற்கும் பிரதேசத்திற்கு கோளின் 'பாதச்சுவடு' என்று குறிப்பிடுகின்றனர். இந்தச் சுவட்டில் உள்ள எந்த வரவேற்பு மையமும் உரிய கருவிமூலம் கோளுடன் தொடர்பு கொள்ளலாம். கோளின் நேர்கோட்டுத் தொடர்பை அதன் 'பாதச் சுவடு'ள்ள இடங்களில் அமைக்கலாம். (படம் 26)

கோளின் 'பாதச்சுவடு' ஒரு பெரிய வட்டமாக இல்லாமல், சின்னஞ்சிறு வட்டங்களாகவும் இருக்கலாம். நகர்புறங்களில் தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகள் கும்பலாக இருப்பதால், ஒரு மையத்தில் கோளின் அலைகளை ஏற்று, கம்பிமூலமாகவோ, நேரடிக் 'கோட்டில்' செல்லும் அலைமூலமாகவோ, மீண்டும் ஒளி பரப்பலாம். இதைத்தவிர, கோளிலிருந்தே நேரடியாக வீட்டில் உள்ள தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில் நிகழ்ச்சிகளைப் பெற,மிகச் சிறிய வரவேற்புத் தட்டங்கள் அமைக்கப்படலாம். இத்தகைய நேரடித் தொடர்புகளும் விரைவில் வர உள்ளன.



படம் 26. மைக்ரோ அலைகள், வானொலி, தொடர்புக்கோள் ஆகியவை பயன்படும் பிரதேசங்களின் வரம்புகள். கோள்களின் தொடர்புகள் நேர்கோட்டில் 'பார்க்கும்படி' அமைகின்றன.

மேலே சென்ற ஆப்பிள்

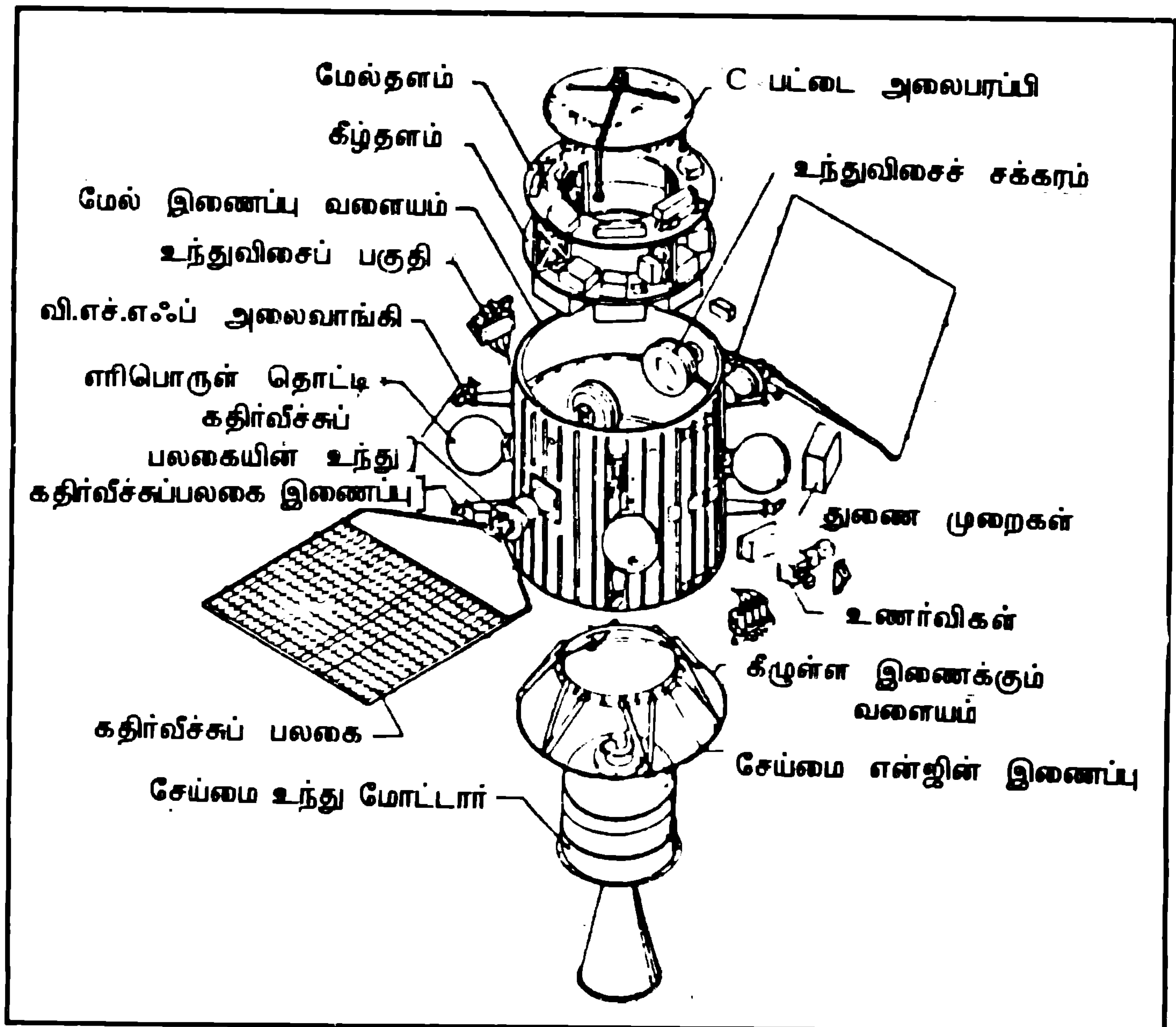
புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் செயற்கைக் கோளை நம் நாட்டில் அமைத்து அதை ஒரு வெளிநாட்டு ஏவுகணைமூலம் இலவசமாக செலுத்த ஒரு வாய்ப்பு 1980இல் நம் நாட்டிற்குத் தரப்பட்டது. ஐரோப்பிய நாடுகளின் விண்வெளி நிறுவனம் செலுத்திய அரியான் ஏவுகணையின் மூன்றாவது சீராக்கும் விண்ணோட்டத்தில் நமது கோளை எடுத்துச் சென்றனர். அரியான் பயணத்தின் பரிசோதனைப்

பொருள் என்பதை ஆங்கிலத்தில் சுருக்கமாக ஆப்பிள் என்று அழைத்தனர். (படம் 27)

நம் நாட்டு விஞ்ஞானிகளும் தொழில்நுட்ப வல்லுநர்களும் 36 மாதங்களில் இக்கோளை அமைத்தது ஒரு சாதனை. அக் கோளிற்குத் தேவையான என்ஜின்கள், எரிபொருள் அனைத்தும் உள்நாட்டில் தயாரிக்கப்பட்டவை.

1981 ஜூன் 19இல் தென்அமெரிக்காவில் பிரஞ்சு குயானாவின் 'கோரூ' (Kourou) என்ற மையத்திலிருந்து ஆப்பிள் செலுத்தப்பட்டது. கோளின் 'சேய்மை-என்ஜின் வெற்றிகரமாக செயற்பட்டு, கோளின் சுற்றுப்பாதை படிப்படியாக உயர்த்தப்பட்டு, இறுதியாக நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேல் 102° கிழக்கு நெடுக்குக் கோட்டில் ஜூலை 16ம்தேதி கோள் நிலைத்தது.

ஒரு சிறிய பிழை தோன்றினாலும் கோள் சரிவர இயங்காத



படம் 27. புவியுடன் இணைந்து சுற்றிய இந்தியாவின் முதல் பரிசோதனைக் கோள். ஆப்பிள் என்று ஆங்கிலச் சுருக்குச் சொல்லால் அழைக்கப்பட்ட இக்கோள் தகவல் தொடர்புகளுக்காக உள் நாட்டிலேயே தயாரிக்கப்பட்டது.

நிலையில், சரியான இடத்தில் கோளை விண்ணில் நிலை நிறுத்தியது ஒரு அரிய சாதனையே. ஆனால், அதற்குப் பின் பல சிக்கல்களை சமாளிக்க நேர்ந்தது. இரு கதிர்வீச்சுப் பலகைகளில் ஒன்று திறக்கவில்லை. ஆகவே, கதிரவனின் கதிர்வீச்சை ஏற்பதில் குழப்பம் தோன்றியது. கலனின் வெப்பநிலை அதிகரித்தது. வேண்டாத வெப்பத்தை வெளியேற்ற கோளைத் திருப்பி, அதை ஒரு பரிசோதனைக் கூடமெனக் கருதி செயல்பட்டனர். ஒட்டு மொத்தம் 95,000 கட்டளைகள் தரப்பட்டன. தொடர்பு கொள்ளும் கருவிகள் 6000 மணிநேரம் வேலை செய்தன. 1983 செப்டம்பர் 19 தேதி கோளின் பயனுள்ள வாழ்வு முடிந்தது. இன்சாட்–B கோள் தனது உரிய இடத்தை அடைந்த அடுத்த நாள் ஆப்பிள் விடை பெற்றுக்கொண்டது குறிப்பிடத்தக்கது. இரண்டு ஆண்டுகள் இயங்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருந்த ஆப்பிள், கோளின் எரி பொருளின் கடைசி சொட்டுவரை, 27 மாதங்கள் இயங்கியது.

பல்வேறு பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. தொலைத் தொடர்பு நுட்ப முறைகளும், அதற்கான சிறு நில மையங்களும் மதிப்பிடப்பட்டன. தேசிய நிகழ்ச்சிகளை ஒரே சமயத்தில் நாட்டின் பல இடங்களில் தொலைக்காட்சிமூலம் ஒளிபரப்பினர். பல பிரதேசங்களுடன், தொடர்பு கொள்ள இயன்றது. புயல் நிவாரணப் பணியைத் துரிதப்படுத்தவும், மும்பையிலும் அகமதாபாதிலும் வங்கிப் பணிகளை இணைக்கவும், கணிப்பான் தொடர்புகளை பல நகரங்களில் உள்ள மையங்களுடன் இணைக்கவும், தொலைத் தொடர்பு கல்வியைப் பரப்பவும், தொலைக்காட்சிமூலம் பட்டி மன்றம் நடத்தவும் ஆப்பிள் பயன்பெற்றது. தொழில்நுட்பப் பாடங் களும், கிராமிய நிகழ்ச்சிகளும் ஒளிபரப்பும் பல பரிசோதனைகளும் நடைபெற்றன.

இன்சாட்–1

தொடர்புக்கோள் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பை மட்டுமன்றி, தகவல் தொடர்புகளை ஏற்படுத்தவும், வானிலையை கண் காணிக்கவும் பயன்படுமாதலால், ஒரே கோளில் மூன்று பணி களையும் அமைக்க நடுவண் அரசு முடிவு செய்தது. 'ஒன்றில் மூன்று' என்ற அடிப்படையில் இன்சாட் என்று அழைக்கப்பட்ட இந்தியாவின் முதல் உள்நாட்டுக்கோளை, வெளிநாட்டில் செய்ய முடிவு செய்தனர். அமெரிக்கத் தனியார் நிறுவனம் (போர்டு ஏரோஸ்பேஸ்-Ford Aerospace), ஒப்பந்தப் போட்டியில் வெற்றி

பெற்று கோளை உருவாக்கியது.

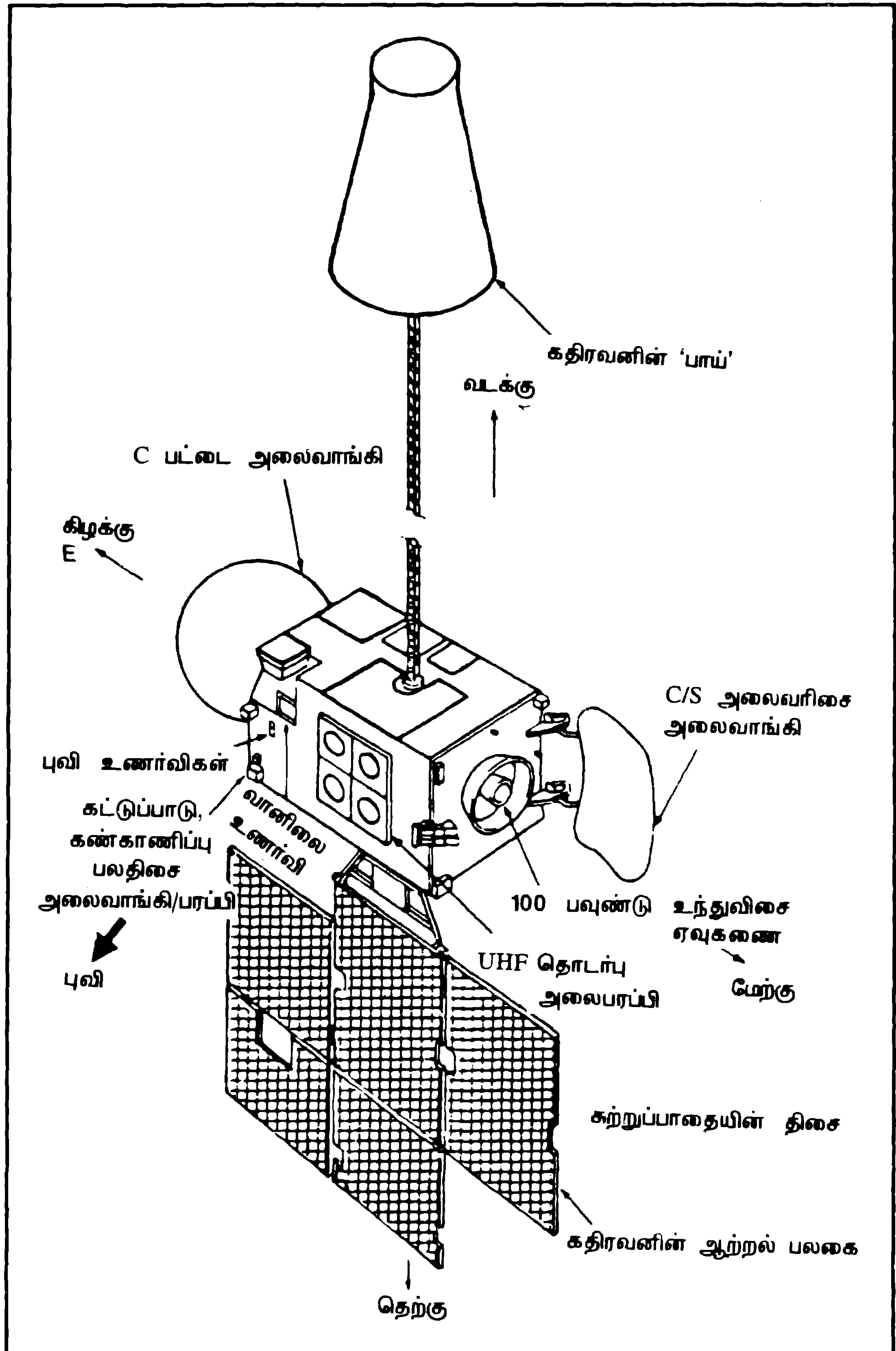
இன்சாட்–1 4300 தொலைபேசித் தொடர் பாதைகளை 12 மறுஅலைபரப்பிகள் மூலம் இயக்கியது. இந்த மறுஅலைபரப்பிகள் ஒளி/ஒலி பரப்புகளின் மின் அலைகளை நில மையங்களிலிருந்து வரவேற்று, நாடு முழுவதிற்கும் சேருமாறு மீண்டும் செலுத்து கின்றன. ஒவ்வொரு மறுபரப்பியும் இரு ஒளிபரப்பு நிகழ்ச்சிகளை நில வரவேற்பு மையங்களுடன் இணையும்படி இயங்கின. இரு மறு பரப்பிகள் நேரடியாகத் தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகளுக்கு நிகழ்ச்சிகளை நாடு முழுவதும் அளிக்கும் திறனைப் பெற்றன. தேசிய வானொலி இணைப்புத் தொடர்களுக்கும், பேரழிவு முன்னறிவிப்பிற்கும் ஐந்து அலைவரிசைகள் கோளிலிருந்து இயங்கின. மேலும், வானிலை அறிவிப்புக்கெனவும், நிலப்பரப்பை ஒளிப்படமாகவும், அகச் சிவப்புப் படமாகவும் பதிவு செய்து விவரங்களை அனுப்பக் கருவிகள் பொருத்தப்பட்டிருந்தன.

இன்சாட்–1 ஒரு பெட்டி வடிவம் கொண்டிருந்தது. அதில் கதிரவனின் கதிர்வீச்சை ஈர்க்கும் பலகைகளும், ஒரு பெரிய விசை உந்தியும், 12 சிறிய விசை உந்திகளும் இருந்தன. கதிரவன் ஆற்றலை சமாளிக்க கோளின் மேற்புரத்தில் குடைபோன்ற ஒரு பாய் பொருத்தப்பட்டிருந்தது. (படம் 28).

கோளுடன் தொடர்புகொள்ள பல்வேறு அளவுகளில் நில மையங்களும், வண்டியில் எடுத்துச் செல்லக்கூடிய அலைபரப்பி களும் அமைக்கப்பட்டன. தகவல் தொடர்புகளை ஒருங் கிணைக்கும் கட்டுப்பாட்டு மையம் தில்லிக்கருகே செயல்பட்டது. கர்நாடகாவில் ஹாஸன் என்ற ஊரில் தலைமைக்கட்டுப்பாட்டு மையம் உள்ளது. 14 மீ. குறுக்களவுள்ள இரு தட்டங்களுடன் ஆரம்பிக்கப்பட்ட இந்த மையம், பல இன்சாட் கோள்களை கண் காணித்து வரும் கட்டுப்பாட்டு நிலையமாக வலுப்படுத்தப் பட்டுள்ளது.

இன்சாட்–1A அடைந்த தோல்வி

1982 ஏப்ரல் 10, அமெரிக்காவில் கேப்கனாவிரால் என்ற இடத்தி லிருந்து டெல்டா–3910 ஏவுகணையால் இன்சாட்–1A செலுத்தப் பட்டது. பயணம் துவங்கியதும் தொடர்புகொள்ளும் பகுதி ஒன்று திறக்கவில்லை. பலவிதமாகக் கோளை இயக்கியதால், கோளின் ஏழு ஆண்டு காலத்தில் வேண்டிவரும் சிறு திருத்தங்களுக்காக வைக்கப்பட்டிருந்த எரிபொருள் குறைந்துவிட்டது. பின்னர்,



படம் 28. இன்சாட்–A. 'மூன்றில் ஒன்று' என்று அழைக்கப்பட்ட இக்கோள் தகவல் தொடர்புகளையும், தொலைக்காட்சிகளையும் வானிலைக் கண்காணிப்புத் தகவல்களையும் அளித்தது.

கூம்புவடிவில் இருக்கும் கதிரவனுக்கான பாய் திறக்கவில்லை. இப்பகுதி கோளிற்கு சமநிலையைத் தருவதற்கு அமைக்கப்பட்டிருந்ததால், கோளை சரியான நிலையில் நிறுத்த மேலும் அதிக எரிபொருளை பயன்படுத்த வேண்டி வந்தது. மடித்து வைக்கப் பட்டிருந்த பாயின் வெப்பம் அதிகரித்ததால், தொலைக்காட்சி நிகழ்ச்சிகள் குறைக்கப்பட்டன. பிறகு, மூடியிருந்த கதிர்வீச்சுப் பலகைகளும், தொடர்புக்கான அலை பரப்பியும் திறந்தன. ஆனால் 1983 செப்டம்பர் 4இல் கதிரவனும், நிலாவும் கோளின் உணர்வி களுக்குள் நேரடியாக ஒளிசெலுத்தியதால், கோள் தான் புவியுடன் கொண்ட இணைப்பை இழக்க நேரிட்டது.

உடனடியாக, ஹாஸன் மைய நிலையம் அவசர நடவடிக்கை களை எடுத்தது. ஆனால் மையத்தின் கட்டளைகள் கோளிற்குப் போய் சேரவில்லை. கோளின் நிலையும், அதில் உள்ள எரி பொருளின் அளவும் மையக்கட்டுப்பாட்டுக் குழுவிற்குச் சரிவரத் தெரியவில்லை. இதன் விளைவாக, எவரும் அறிவதற்கு முன்பே, கோளின் எரிபொருள் பெரிதும் குறைந்துவிட்டது. கோளும் தவறிப்போய் விட்டது. தோல்வியை ஆராயக் குழு ஒன்று அமைக்கப் பட்டது. அக்குழு கோளின் வடிவமும் அமைப்பும் சரியானது என்றும், ஆனால் சில துணை முறைகள் தோல்வி அடைந்தன என்றும் கூறிற்று. அடுத்த கோளில், (இன்சாட்–1B அதற்கான திருத்தங்கள் செய்யப்பட்டன.

இன்சாட்–1B

இன்சாட்–1B 1983 செப்டம்பரில் அமெரிக்க 'ஷட்டில்' கலனிலிருந்து விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. சேய்மை என்ஜின் திட்டமிட்டதற்கு ஒன்பது நிமிடங்கள் குறைந்து இயங்கியதால், பல திருத்தங்கள் செய்ய வேண்டியதாயிற்று. சில கதிரவனின் கதிர்வீச்சுப் பலகைகள் திறக்கவில்லை. கோளை ஆட்டியபோதும் பலன் கிடைக்கவில்லை. ஆனால் இன்சாட்–1A கோள் இயங்குவதில் தலையிட்ட கதிரவன் இன்சாட்–1Bக்கு உதவியது. சுமார் 30 மணிநேரம் வெய்யிலில் காய்ந்த பிறகு, கதிர்வீச்சு பலகைகள் திறந்தன! இதர கருவிகளும் இயக்கப்பட்டு, சுற்றுப்பாதையில் ஒரு மாதத்திற்குப் பிறகு உரிய இடத்திற்குக் கோள் கொண்டு வரப்பட்டது. ஏழு ஆண்டுகளுக்கு மேலாக, அமைக்கப்பட்ட வாழ்நாள் கெடுவை மீறி செயல்பட்டது. இன்சாட் பணியை வலுப் படுத்தவும், மாற்று முறைகளைத் தயாராக வைத்திருக்கவும் இதர

நாடுகளின் கோள்களின் உதவியை இந்தியா நாடிற்று. ஆரப்சாட், இன்டல்சாட், இன்டர் ஸ்புட்நிக் போன்ற நிறுவனங்களின் கோள்களில் உள்ள மறு அலைபரப்பிகளை வாடகைக்கு எடுத்துக் கொண்டது.

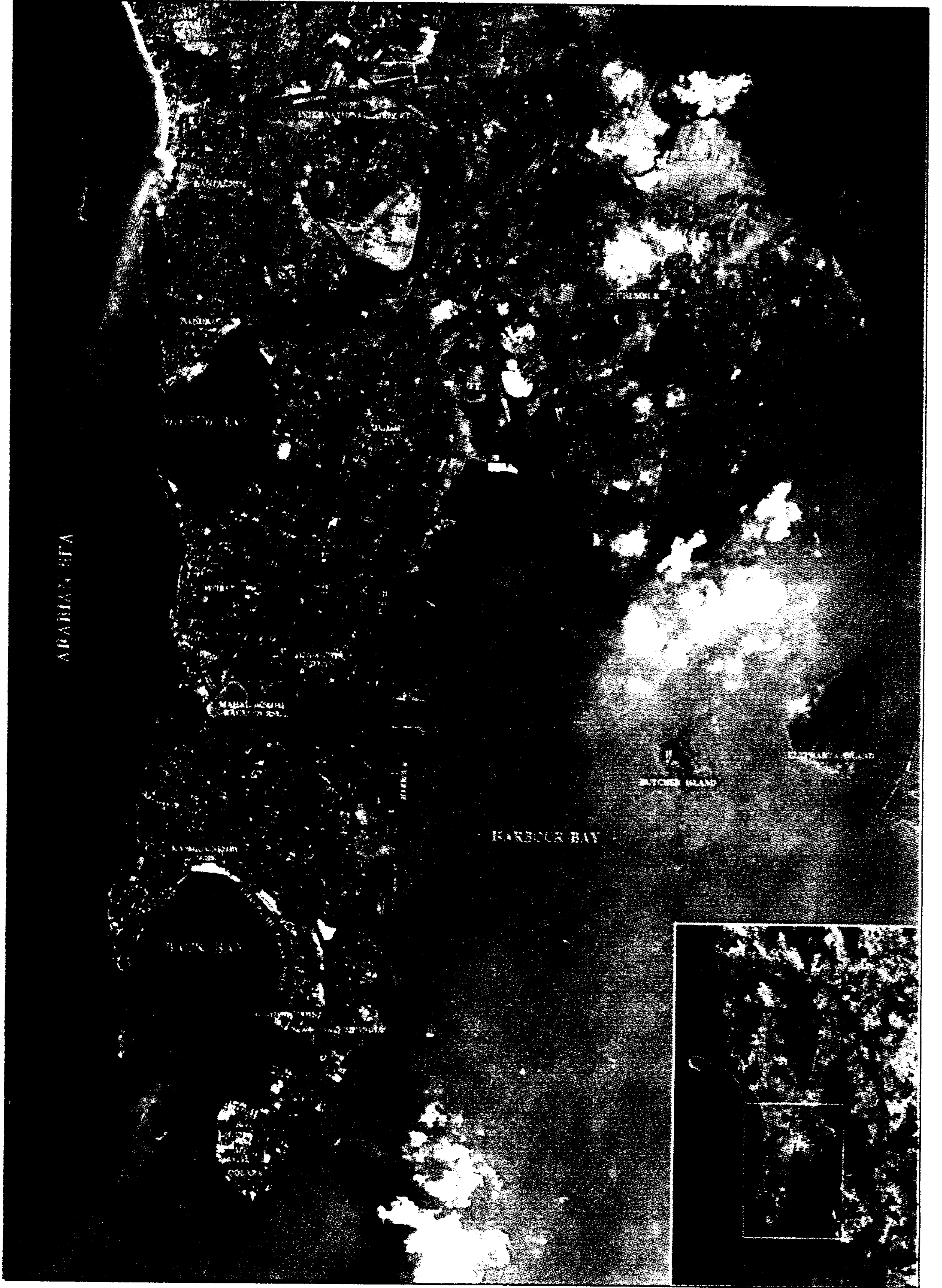
இன்சாட்–1C 1988 ஜூனில் அரியான் ஏவுகணையால் விண்ணில் ஏவப்பட்டது. ஆனால் சுற்றுப்பாதையில் விடப்பட்ட பின் கோளின் மின்ஆற்றல் முறையில் தடை ஏற்பட்டது. அதனால் அரைப்பங்கு ஆற்றலே கிடைத்தது. ஆகவே, தொலைக்காட்சி மற்றும் இதர தொடர்புகள் அரைப்பங்கு குறைக்கப்பட்டன. வானிலைக் கருவிகள் மட்டுமே முழுவதும் இயக்கப்பட்டன. 1989 நவம்பர் 22ஆம் தேதி கோள் புவியின் தொடர்பை இழந்தது.

அடுத்த கோளை, இன்சாட்–1D, 1987இல் 'ஷட்டில்'மூலம் செலுத்தத் திட்டமிட்டிருந்தனர். ஆனால் அக்கலன் காலவரைக்குள் கிடைக்காததால், டெல்டா–4925 என்ற ஏவுகணைமூலம் ஜூன் 1990இல் ஏவப்பட்டது. இன்சாட்–1Bயின் பணிகள் முழுவதும், இன்சாட்–1Dக்கு மாற்றப்பட்டன. இன்சாட்–1D, புவியின் நிலநடுக் கோட்டிற்கு மேலே 74° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் நிறுத்தப்பட்டது.

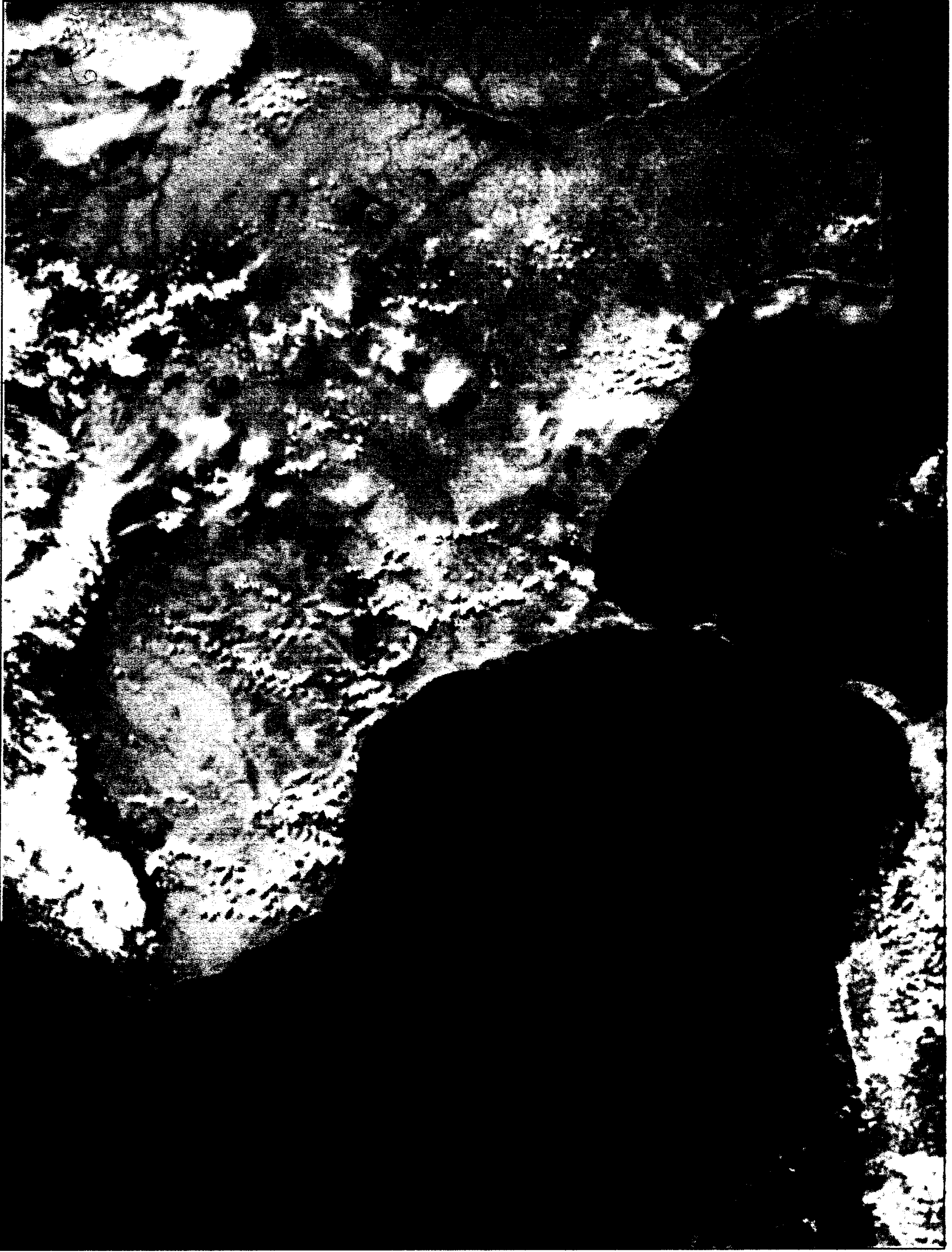
இரண்டாம் தலைமுறைக்கோள்

இரண்டாம் தலைமுறை இன்சாட் கோள்கள் இந்தியாவிலேயே உருவாக்கப்பட்டு செய்யப்பட்டவை. 1992இல் (ஜூலை 9) இன்சாட்–2Aம், 1993இல் (ஜூலை 22) இன்சாட்–2Bம் கோரூவி லிருந்து ஏவப்பட்டன. வெப்பக் கட்டுப்பாட்டிலும், நிலைப்பை காப்பதிலும், நவீன தொழிற்நுட்பங்களை பயன்படுத்தினர். இவற்றின் அடிப்படை நோக்கம், கோள்மூலம் அளிக்கப்படும் பல பணிகளை—வானொலி, தொலைக்காட்சி, தகவல் தொடர்பு, வானிலை ஆய்வு ஆகிய துறைகளில்—மேலும் திறனுடன் செய்வதே.

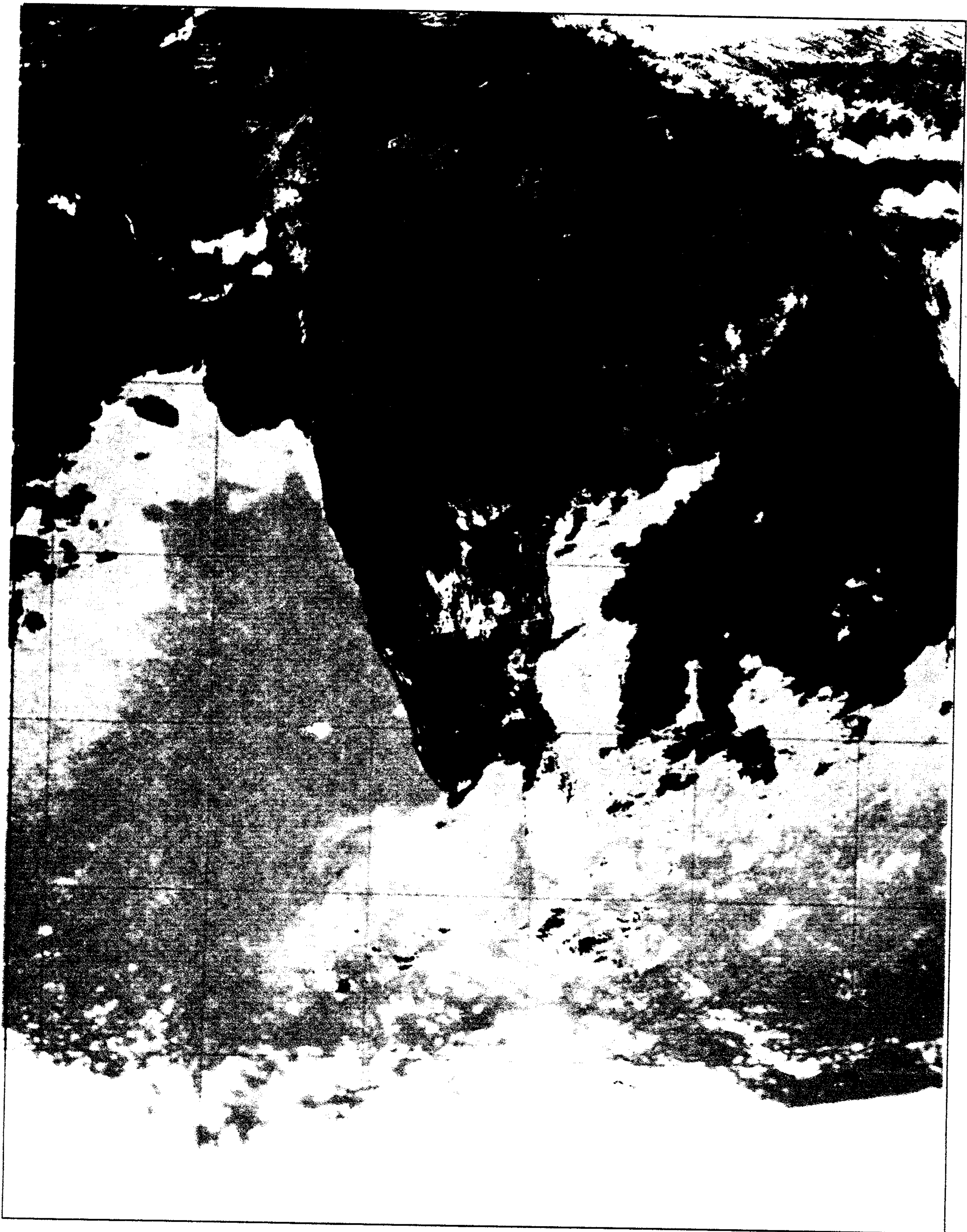
கோள்களை தொலைக்காட்சிக்குப் பயன்படுத்தும் முறையில் மாறுதல்கள் தோன்றின. கோளிலிருந்து வரும் மின் அலைகளை வரவேற்கும் தட்டங்களின் குறுக்களவு குறைந்து, பல இடங்களில் செயல்பட்டன. நேரடியாக பொதுத் தொலைக்காட்சி பெட்டி களுக்கு ஒளிபரப்பும் பழக்கம் வெகுவாகக் குறைந்து விட்டது. ஒளிபரப்பும் நிலமையங்கள் கோளுடன் தொடர்பு கொண்டு, தொலைக்காட்சி அலைகளை மீண்டும் தமது சுற்றுப்புறத்தில் ஒளிபரப்பும் பழக்கமும், தனியார் துறையில் கோளின் அலைகளை



படம் 1: விண்வெளியிலிருந்து தென்படும் மும்பையின் ஒரு பகுதி; இந்தியத் தொலை உணர்வுக் கோளின் (ஐ.ஆர்.எஸ். 1D) அனைத்து நிறக்காமிராவும், தானே அலகிடும் உணர்வியும் அனுப்பிய விவரங் களிலிருந்து பதிவுசெய்யப்பட்டு வெவ்வேறு நிறங்களில் குறியிடுகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது (என்.ஆர்.எஸ்.ஏ. /இஸ்ரோ).



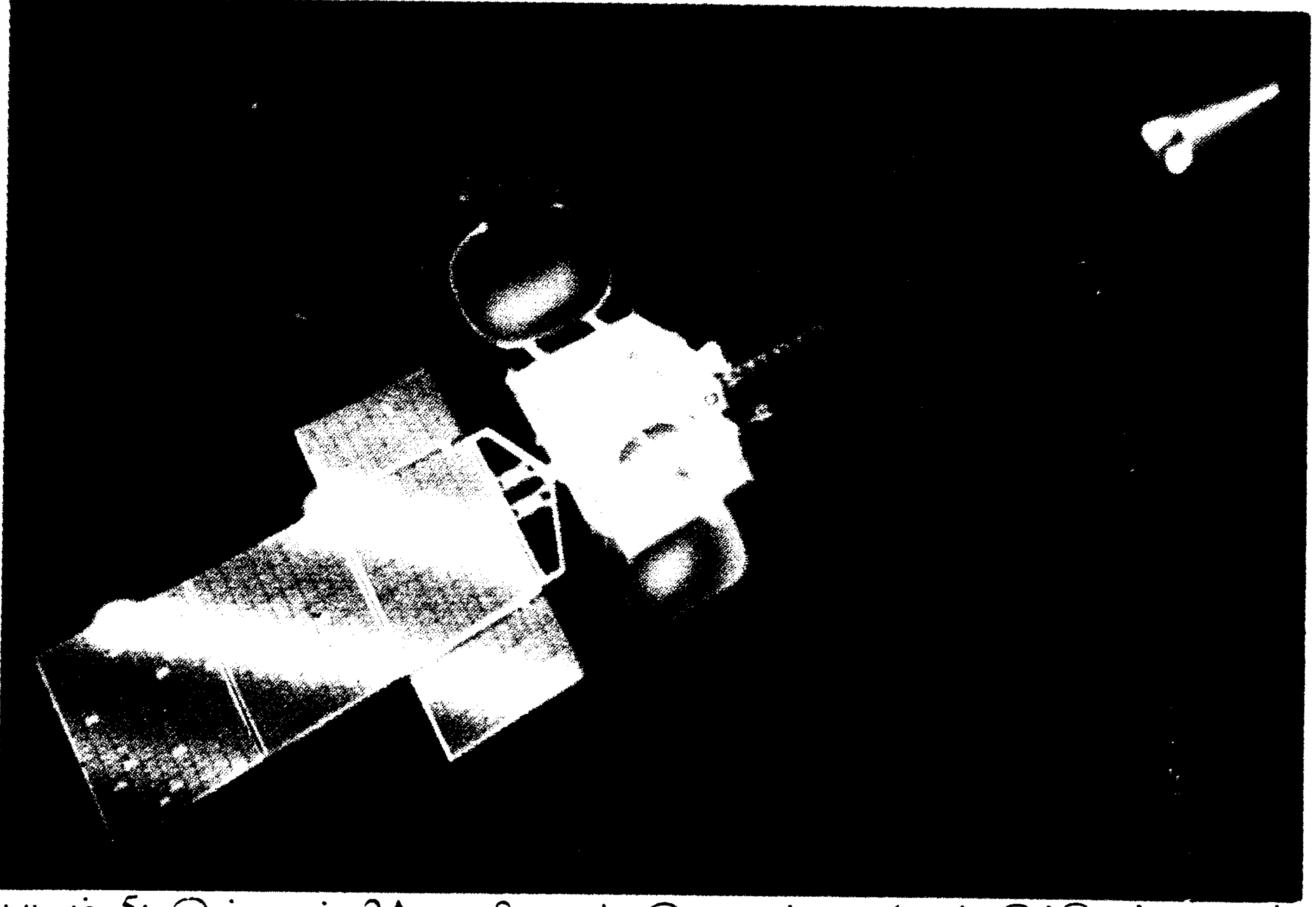
படம் 2: இந்தியக் கடற்கோளின் (ஐ.ஆர்.எஸ். P4) கடல் வண்ணக் கண்காணிப்பு உணர்வியின் பதிவுப்படம் (1999இல் எடுத்தது) (என்.ஆர்.எஸ்.ஏ/இஸ்ரோ).



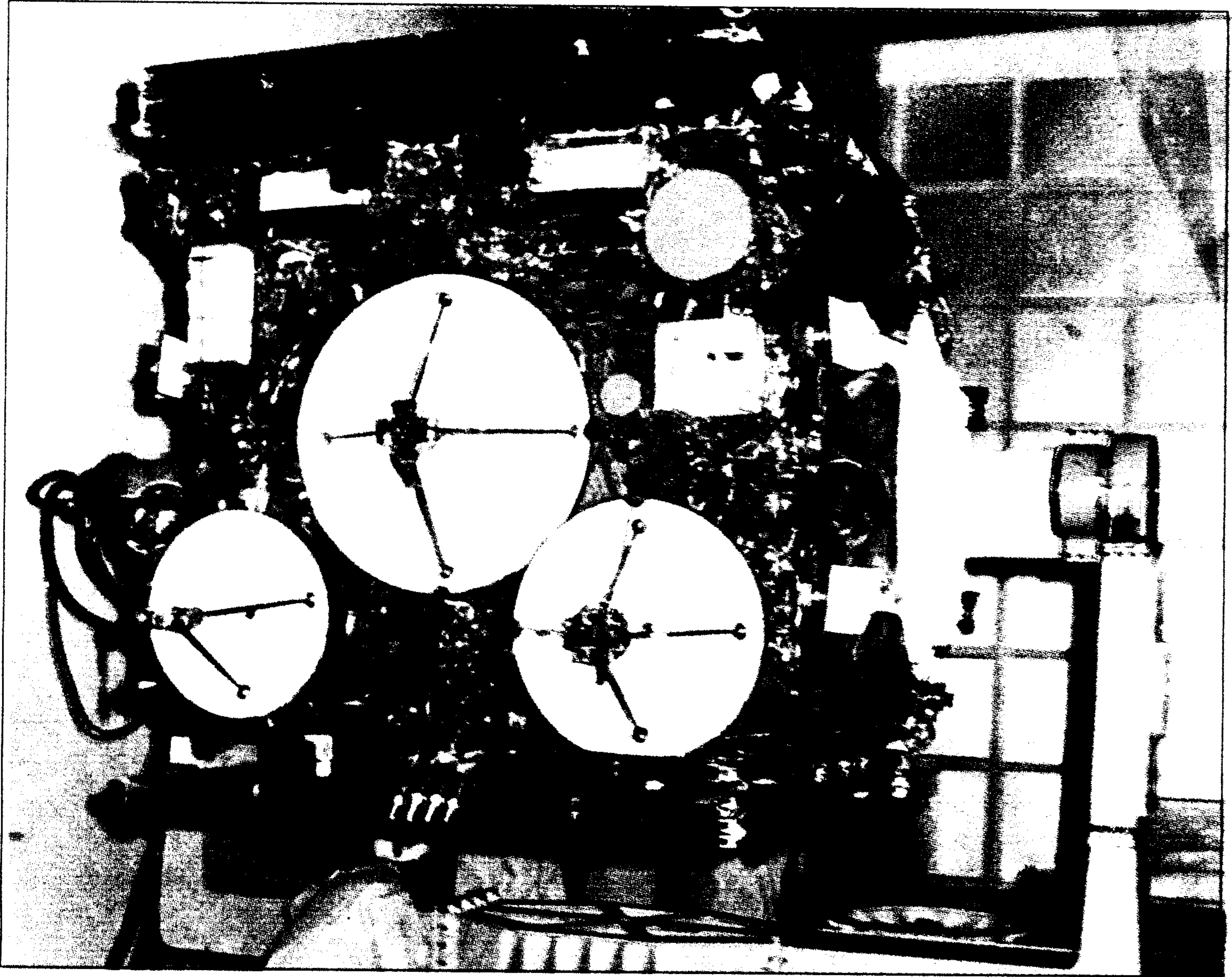
படம் 3: கடலின் வெப்பநிலையை பல நிறங்களில் காட்டும் நில/நீர்ப்படம் (என்.ஆர்.எஸ்.ஏ/இஸ்ரோ).



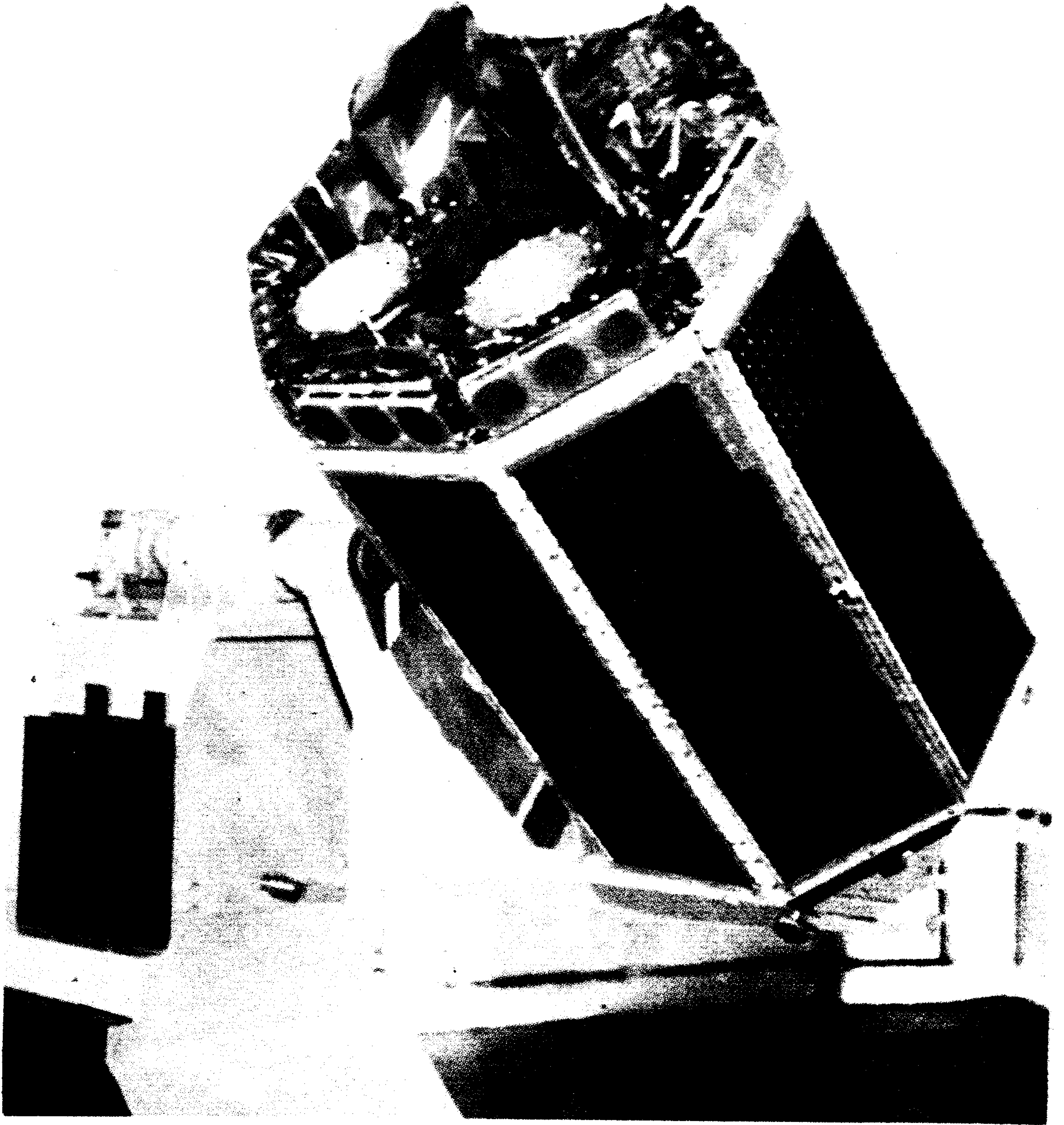
புகைப்படம் 4: ஜெர்மனியின் மியூனிக் நகரத்தின் பதிவுப்படம். இந்தியத் தொலை உணர்வுக்கோள் (ஐ.ஆர்.எஸ். 1C) காமிராவும், உணர்வியும் அனுப்பிய விவரங்களிலிருந்து அதிகப் பகுப்புத்திறனுடன் பதிவு செய்யப் பட்டது © Antrix/SI/euromap 1997, GAF 1998; GAF mbH, Munich).



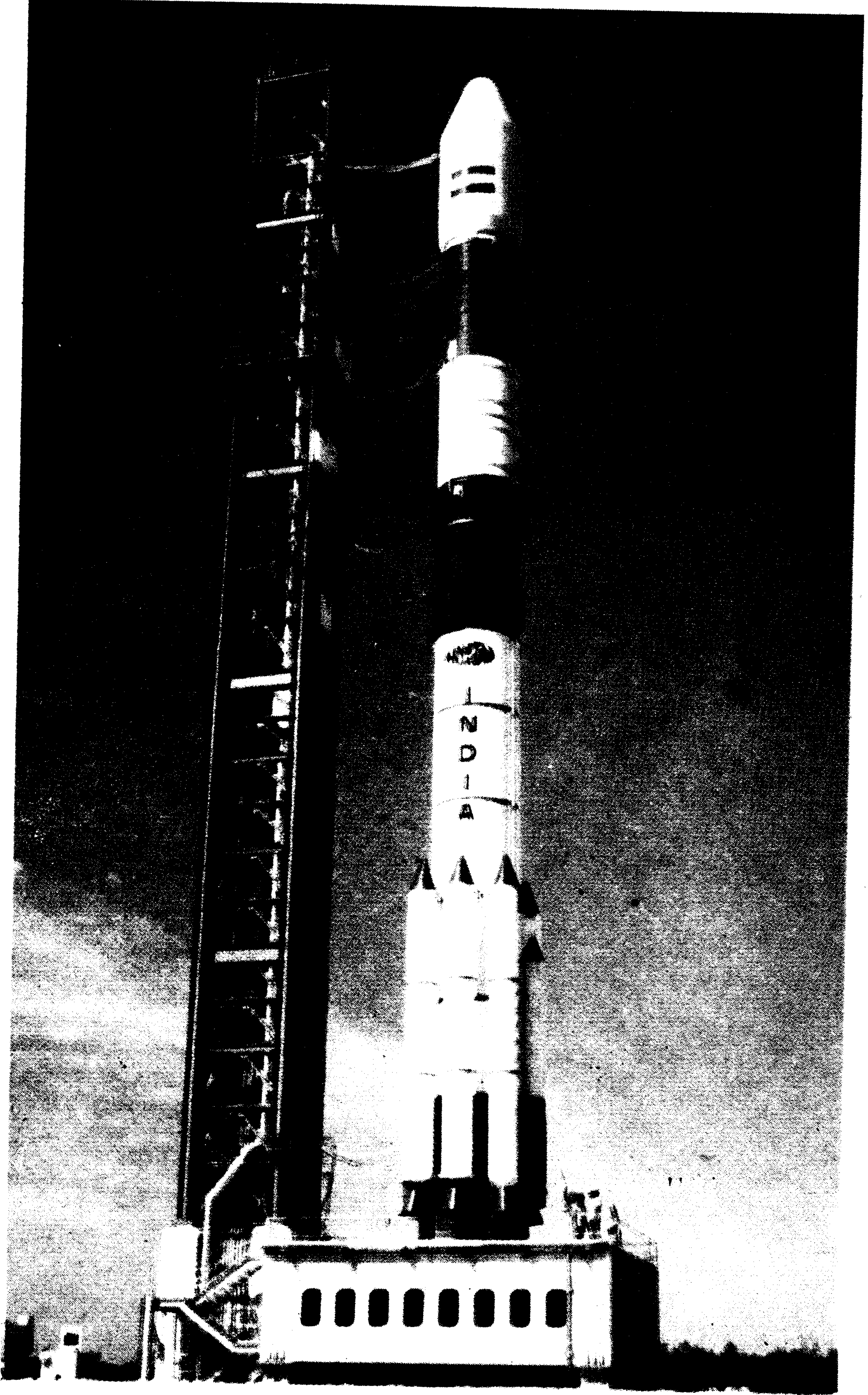
படம் 5: இன்சாட்–2A, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் இந்தியத் தகவல் தொடர்புக்கோள் வரிசையின் இரண்டாவது தலைமுறையில் செலுத்தப்பட்ட முதற்கோள். இக்கோள் இந்தியாவிலேயே உருவாக்கப் பட்டது (இஸ்ரோ).



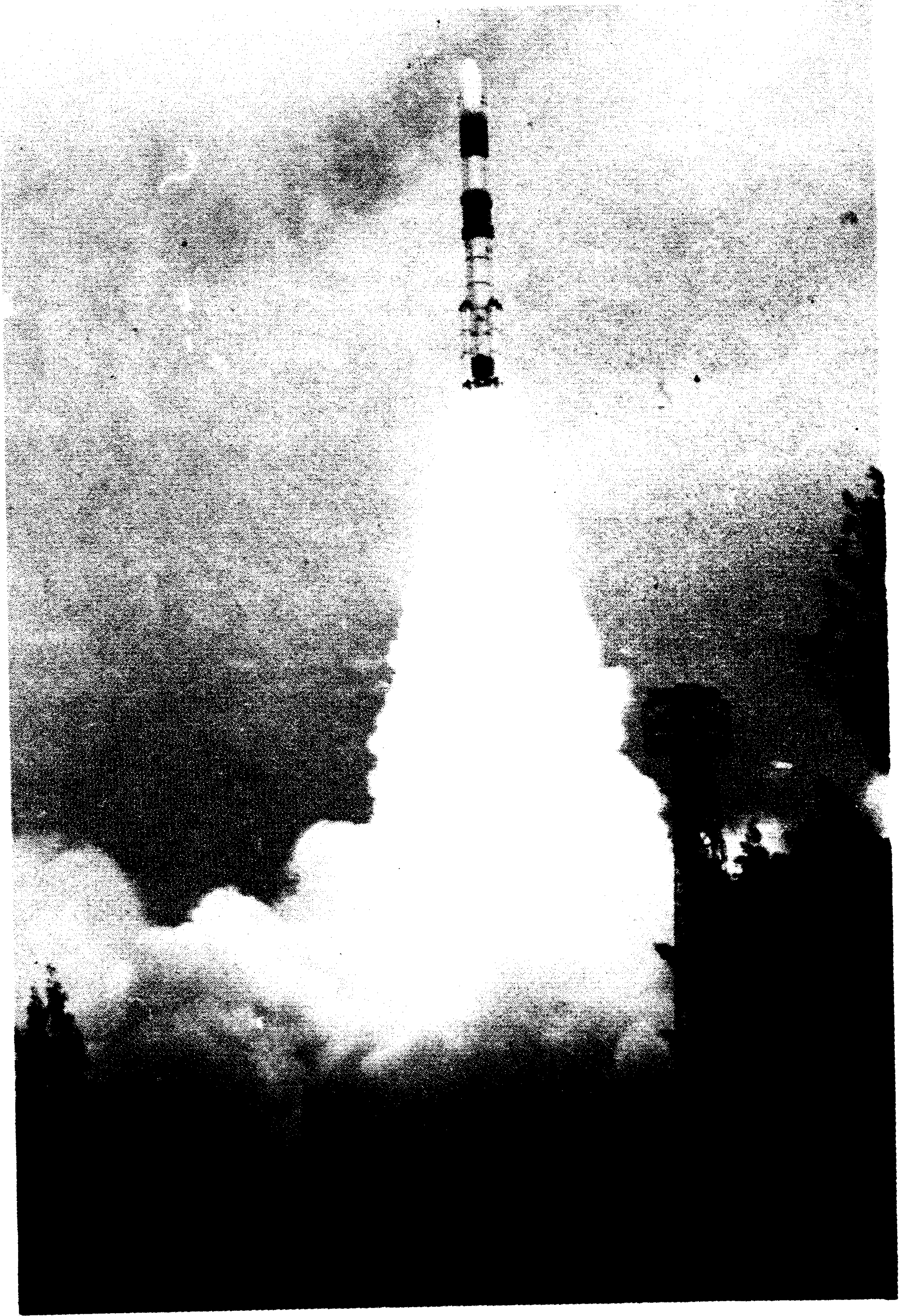
படம் 6: இன்சாட்–3B. இந்தியாவின் மூன்றாம் தலைமுறைக்கோள். கோளின் பகுதிகள் பொருத்தப்படும் காட்சி. (இஸ்ரோ)



படம் 7: விரிவாக்கப்பட்ட ரோகிணி கோள் வரிசையில் ஒரு கோள். இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனத்தால் உருவாக்கப்பட்டது. புவிக்கு அருகே செலுத்தப்படும் இக்கோள்கள் அடிப்படை விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளுக்கும், தொழிற்நுட்பப் பயன்பாடுகளைச் சோதிப்பதற்கும் செலுத்தப்படுகின்றன (இஸ்ரோ).



படம் 8: துருவங்களைக் கடந்து புவியைச் சுற்றும் கோளைச் செலுத்தும் ஏவுகணை (பி.எஸ்.எல்.வி D2) ஒரு அண்மைப் பார்வை (இஸ்ரோ).



படம் 9: முழுவெற்றி! ஸ்ரீஹரிகோட்டாவிலிருந்து பிஎஸ்எல்.வி. ஏவுகணை (D2) கிளம்பிச் செல்லும் காட்சி (1994) (இஸ்ரோ).

வரவேற்று கம்பிமூலம் தனித்தனியே வீடுகளுக்கு மீண்டும் நிகழ்ச்சி அலைகளை அனுப்பும் பழக்கமும் அதிகரித்தன.

இன்சாட்–2இல் 18 மறு (ஒளி/ஒலி) அலைபரப்பிகள் இருந்தன. அவை C அலைப்பட்டையில் உள்ள மின்அலைகளைப் (3.9–6.2 கிகா. ஹெர்ட்ஸ்) பயன் படுத்திக் கொண்டன. விரிவான C அலைப் பட்டையில் (4.2–4.5;6.4–7. கிகா. ஹெர்ட்ஸ்) ஆறு மறு பரப்பிகள் பணிபுரிந்தன. இடையூறின்றித் தொடர்புகளை அமைக்க முடிந்தது. வானிலை விவரங்களைத் தெளிவாக அளிக்கத் தனியாக ஒரு மறு அலைபரப்பியும் இருந்தது.

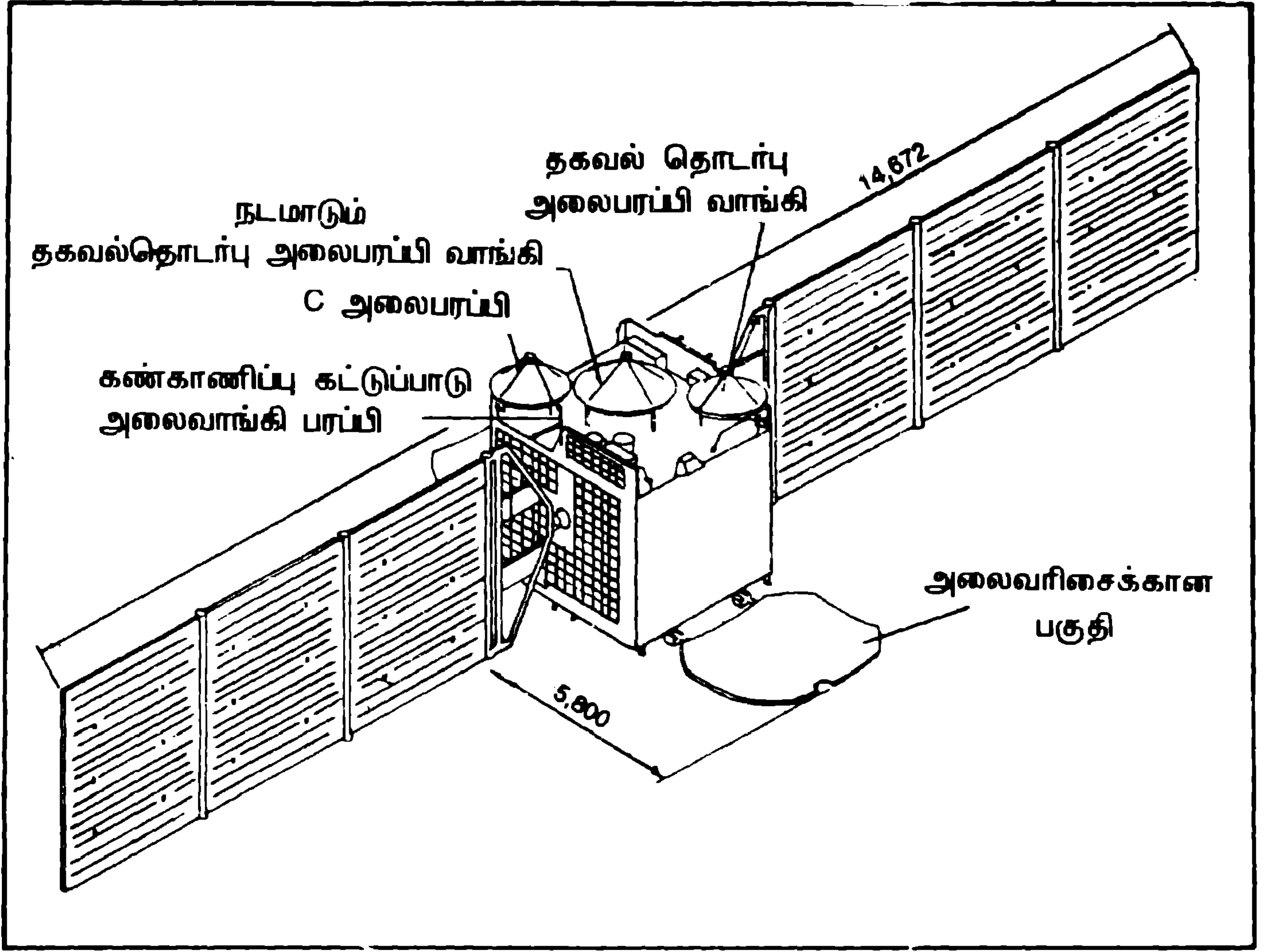
இன்சாட்–2C

இன்சாட்–2C வரிசையில் மேலும் இரண்டு கோள்கள் (இன்சாட் 2C, 2D), அமைக்கப்பட்டன. ஆனால் அவற்றில் வானிலை ஆய்வுக் கருவிகள் பொருத்தப்படவில்லை; ஏனெனில், 1995இல் இயங்கிய இதர கோள்களில் போதிய அளவிற்கு வானிலை ஆய்வுக் கருவிகள் இருந்தன. வானிலைக் கருவிகள் இல்லாததால், கோள்களின் வடிவமும் மாறாக அமைந்தது. கதிரவன் ஆற்றல் பெறும் பலகைகளை கோளின் இருபுறங்களிலும் பொருத்தினர் (படம் 29). மின் ஆற்றலும் அதிக அளவில் (1600 வாட்கள்) கிடைத்தது. முதலிரண்டு இன்சாட்–2 கோள்களில் 1000 வாட்கள் தான் கிடைத்தது.

இன்சாட்–2Cஇல் முதன்முறையாக Ku அலைப்பட்டையில் (11-14 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) மறு அலைபரப்பிகள் இயங்கின. இவற்றால், சிறிய வரவேற்புத் தட்டங்களைக் கொண்டு, கோளுடன் தொடர்பு கொள்ள இயன்றது. அத்தகைய வரவேற்பு நிலையங்கள் வெகுவாகப் பரவின. முதன்முறையாக, நகரும் நிலையங்களுடன் தொடர்புகொள்ளும் வசதியை அளிக்க முடிந்தது. கோளின் 'பாதச்சுவடு' இந்தியாவுடன் நின்றுவிடவில்லை; மேற்கு ஆசியாவி லிருந்து தென்கிழக்கு ஆசியா வரை பரவியது. இன்சாட்–2C ம் 2Bயும் ஒன்று சேர்ந்து 93.5° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் இயங்குகின்றன. நடமாடும் நிலையங்களுடன் தொலைத்தொடர்பு கொள்வதைப் பரிசோதிக்க இன்சாட் உதவியது.

மற்றுமொரு இழப்பு

இன்சாட்–2D சுமார் நான்கே மாதங்கள் வேலை செய்தது. 1997



படம் 29. இன்சாட்–2C கதிர்வீச்சுப் பலகைகள் கோளிற்கு இருபுறங்களிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஏனெனில், வானிலை கண்காணிப்புக் கருவியை இது கொண்டு செல்லவில்லை.

ஜூனில் ஏவப்பட்ட இக்கோள் அக்டோபரில் இயங்காதென கைவிடப்பட்டது! அதன் மின்ஆற்றல் கம்பிகளில் ஒன்றில் தடை தோன்றி, கோளின் புவித்தொடர்பு மறைந்தது. மேலும்,கதிரவனின் ஆற்றல் பலகைகளில் ஒன்றை திருப்ப இயலாமல் போயிற்று. 1998இல் இன்சாட்–1C கோளிலும் இதே சிக்கல் தோன்றியது. ஆனால், அரைப்பங்கு ஆற்றலில் மறுஅலை பரப்பிகள் தொடர்ந்து ஒரு ஆண்டிற்கு மேல் பணிபுரிந்தன. இன்சாட்–2D கோளின் சிக்கலை 'ஒரே புள்ளியில் வரும் தோல்வி' என்று விவரித்தனர்; அதாவது, குறிப்பிட்ட ஒரு நிலைமாறும் இடத்தில் தோல்வி கண்ணுற்றால், அது கோளையே தோல்வி அடையச் செய்யும் என்றும், எப்பொழுதாவது தோன்றும் இத்தகைய விளைவை முன்கூட்டியே குறிப்பிட இயலாது என்றும் கூறினர்.

மற்றுமொரு சிக்கலும் தோன்றியது. இன்சாட்–2A கோளின் எரிபொருள் தொட்டியில் எழுந்த சிக்கலினால் எரிபொருள் முழுவதையும் பயன்படுத்த இயலவில்லை. ஆகவே, உந்துவிசை என்ஜின்களை இயக்க இயலாமல் கோளின் நிலைப்பை நீடிக்க

முடியாமல் போய்விட்டது. இதனால், பயன்படுத்துவோரின் தேவைகளுக்கேற்ப இன்சாட்–2D கோளுடன் தொடர்பு கொள்ளுமாறு மாற்று அமைப்பைச் செய்தனர். இச்சிக்கல்களை இரட்டிப்பதுபோல் ஜப்பானிய தனியார் நிறுவனம் ஒன்று விற்ற மின்னணு சார்ந்த சில பகுதிகள் சில ஆண்டுகளுக்குப்பிறகு தோல்வி அடைந்தன. சுமார் 12 மறு அலைபரப்பிகள் இயங்க முடியாமல் போயிற்று. இதனால், இன்சாட்–2B, 2C ஆகிய கோள்கள், C அலைப் பட்டையிலும், விரிவான C அலைப்பட்டையிலும் குறைந்த திறனுடன் பணியாற்ற நேரிட்டது. பல சிறு வரவேற்பு மையங்கள் இந்தக் கோளுடன் தொடர்புகொள்ள முடியவில்லை.

விரிவான C அலைப்பட்டையில் பணிபுரிய தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சிகள் செய்து, சர்வதேச அங்கீகாரத்தை இந்தியா பெற்றது. இதனால், பல நிறுவனங்கள் உதாரணமாக, தேசிய பங்கு சந்தையும் அதன் 2000 சிறிய நிலையங்களும் பயனடைந்தன. அண்டை நாடுகளுடன் அவ்வலைவரிசைகளைப் பயன்படுத்துவதில் ஒருங் கிணைந்து பணிபுரிய முடிந்தது. இன்று, விரிவான C அலைப் பட்டையில் பணிபுரியத் தேவையான இயந்திரங்களைப் பலர் வாங்கிவிற்க முன்வந்துள்ளனர்.

இன்சாட்–2A நிலைத்து செயல்படாததால், இந்திய விண்வெளி நிறுவனத்திற்கு மட்டும் அக்கோள் பயன்படுத்தப் பட்டது. தேவையான மறு அலைபரப்பிகளை அதிகரிக்க, அராப்சாட்–1C (Arabsat 1C) கோளை இந்தியா விலைக்கு வாங்கி, இன்சாட்–2DT என்று பெயரிட்டு, 55° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் நிறுத்தியது. மேலும், 75° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் இருந்த தாய்லாந்து நாட்டின் கோளில் ஆறு மறு அலைபரப்பிகளையும் இந்தியா வாடகைக்கு எடுத்துக் கொண்டது.

ஆற்றலுக்குச் சான்று

தொடர்புகோள் அமைப்பதில் இந்தியா அடைந்துள்ள ஆற்ற லுக்குச் சான்றெனக் கருதும்படி இன்டல்சாட் என்ற பன்னாட்டுத் தொலைத்தொடர்பு நிறுவனம் இன்சாட்–2E கோளில் ஒரு பகுதியை நெடுங்கால குத்தகைக்கு எடுத்துக் கொண்டது. இன்சாட்–2E 1999 ஏப்ரலில் அரியான் ஏவுகணையால் செலுத்தப் பட்டு 83° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் இயங்குகிறது.

இந்தியாவில் செய்யப்பட்ட இன்சாட்–2E 17 மறு அலைபரப்பி களைக் கொண்டது. 12,000 இரு திசை பேச்சுத் தொடர்புகளை

(அல்லது 100 தொலைக்காட்சி அலைத் தொடர்புகளை) அமைக்கப் பயன்பட்டது. இவ்விரண்டு தொடர்புகளை வெவ்வேறு விதமாகக் கலந்தும் அனுப்ப இயலும். மின்அலைகளை எண்ணிலக்கு முறையில் சுருக்கிச் செலுத்தும் ஆற்றலும் இக்கோளிடம் உள்ளது. ஐந்து மறு அலைபரப்பிகள் தொலைக் காட்சி நிகழ்ச்சிகளை தென்கிழக்கு ஆசியாவில் பெரும்பாலான இடங்களிலும், மேற்கு ஆசியாவிலும், சீனாவிலும் காணும்படி ஒரு மண்டல மின் அலைக் கற்றைச் செலுத்துகின்றன. இதர மறு அலைபரப்பிகள் ஒரு அகன்ற மின்அலைக்கற்றைச் செலுத்தி நடு ஐரோப்பாவிலிருந்து, ஆஸ்திரேலியாவரை நிகழ்ச்சிகளை ஒளிபரப்புகின்றன.

2.6 டன் எடையுள்ள இன்சாட்–2E வலுப்படுத்தப்பட்ட வெப்பக் கட்டுப்பாட்டு பகுதிகளையும், கதிரவன் ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் கருவிகளையும், உயர்ரக மின்கலங்களையும் கொண்டது. இக்கோள் 12 ஆண்டுகள் செயல்படுமாறு அமைக்கப் பட்டுள்ளது.

இன்டல்சாட் நிறுவனம் விரிவான C அலைப்பட்டையில் இயங்கும் ஐந்து மறு அலைபரப்பிகளையும், சாதாரண C அலைப் பட்டையில் இயங்கும் நான்கு மறு அலைபரப்பிகளையும் குத்தகைக்கு எடுத்துள்ளது. C அலைப்பட்டியலில் இயங்கும் இதர எட்டு மறு அலைப்பரப்பிகளை, இந்தியத் தொலைக்காட்சி, தொலைத்தொடர்பு நிறுவனங்கள் பகிர்ந்துகொள்கின்றன.

இன்சாட்–2E கோளின் மறுஅலைபரப்பிகள் ஒவ்வொன்றும் இரு தொலைக்காட்சிகளை அனுப்பும் திறன் வாய்ந்தது. முன் இயங்கிய கோள்களில் ஒரு மறு அலைபரப்பி ஒரு ஒளிபரப்பைத் தான் அனுப்ப இயன்றது. ஆகவே, இந்தியாவின் பல ஒளிபரப்பு நிறுவனங்கள் (ஈநாடு, சன் டிவி, ஏசியாநெட் போன்றவை), இன்சாட்–2E கோளிற்கு தங்களது தொடர்புகளை மாற்றிக் கொண் டுள்ளன. மேம்பாடான வானிலை உணர்வுக் கருவிகளும் இக்கோளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

இன்சாட்–2E கோளில் விரிவான C அலைப்பட்டையில் இயங்க அமைப்பு இல்லை. இன்சாட்–3A கோளிலும் இவ்வசதி இல்லை. ஆகவே, அடுத்த தலைமுறைக்கோள்வரிசையில் இரண் டாவதாக உள்ள இன்சாட்–3Bயை முதலாவதாக செலுத்தினர். அக்கோளில் விரிவான Cஅலைப்பட்டையில் இயங்கும் மறு அலைபரப்பிகள் உள்ளன.

இன்சாட்–3B

2000 மார்ச் மாதத்தில் இன்சாட்–3B அரியான்–5 என்ற புதிய தலைமுறை ஏவுகணையால் செலுத்தப்பட்டது. இக்கோளில் 12 விரிவான C அலைப்பட்டையில் இயங்கும் மறு அலைபரப்பிகள் உள்ளன. இன்சாட்–2D இழப்பிற்குப் பின் அவசரத் தேவைகளை சமாளிக்க, இன்னொரு சிறப்பான பகுதியும் இருக்கின்றது. Ku அலைப்பட்டையில் இயங்கும் அலைபரப்பிகள் மூலம் மூன்று அலைவரிசைகளில் தொடர்பு கொள்ளலாம். முதன்முறையாக, சின்னஞ்சிறு வரவேற்புத் தட்டங்களுடன் தொடர்புகொள்ள இயன்றது. இவற்றால், மேம்பாட்டுப் பணிகள், நடமாடும் தொடர்பு நிலையங்கள் ஆகியவை பயன்பெற்றுள்ளன. கையில் ஏந்திச் செல்லக்கூடிய பெட்டி அளவில் உள்ள தொடர்பு கருவிகள்மூலம், பேச்சு மட்டுமின்றி, தகவல், உருநகல் போன்றவற்றையும் அனுப்ப இயன்றது.

விண்வெளியில் இன்சாட்–3B 83° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் இன்சாட்–2E யுள்ள இடத்தில் சேர்ந்து இயங்குகின்றது. 2002 ஜனவரியில் இன்சாட்–3C வெற்றிகரமாகச் செலுத்தப்பட்டு, 74° கிழக்கு நெடுக்குக் கோட்டில் நிறுத்தப்பட்டுள்ளது.

இன்சாட்–3A, 3D, 3E என்று மூன்று கோள்கள் இவ் வரிசையில் செலுத்தப்பட உள்ளன. கோளில் கிடைக்கும் மின் ஆற்றல் ஆயிரம் வாட்டிலிருந்து, பத்தாயிரம் வாட்டாக அதிகரிக்குமென எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. இன்சாட்–3D ஒரு வானிலை ஆய்வுக் கோளாக இருக்கும். கடைசி மூன்று கோள் களில் மேம்பாடான தொழில் நுட்ப முறைகள் அமைக்கப்படும்; அவற்றால் வீட்டிற்கு நேரடித் தொலைக்காட்சி அனுப்புதல், இன்டர்நெட் தொடர்புகளை அமைத்தல் போன்ற பணிகள் மேற் கொள்ளப்படும். இரண்டு டன் எடையுள்ள கோள்களை இந்திய ஏவுகணைகளால் செலுத்தி, தகவல்தொடர்பு, தொலைக் காட்சி போன்ற துறைகளில் தொழில் நுட்பங்களைப் புகுத்தி மதிப்பிட உள்ளனர்.

பயனுள்ள தொடர்புகள்

இன்சாட் கோள்கள் மூலம் தொலைபேசித் தொடர்பு மட்டுமின்றி, தொலைக்காட்சி நிகழ்ச்சிகளையும், தகவல் விவரங்கள், வானொலி நிகழ்ச்சிகள் போன்றவற்றையும் நாடெங்கும் அனுப்பலாம். தகவல் தொடர்புகளுக்கு ஒரு மாற்றுப்பாதை விண்வெளிமூலம்

கிடைக்கின்றது. கோளிலிருந்து நாடெங்கும் ஒளி/ஒலி பரப்பாகும் நிகழ்ச்சிகளை, அவற்றின் அலைவரிசைகளுக்கேற்ப, நிலமையங்கள் மூலம் பெற்று மீண்டும் ஒளிபரப்பலாம்; உதாரணமாக, தமிழில் ஒளிபரப்பாகும் நிகழ்ச்சிகளை, அவற்றின் அலைவரிசையை ஏற்கும் உணர்வுக் கருவிகள்மூலம், நாட்டில் எங்கு வேண்டுமானாலும் காணலாம்.

கோள்களின் மூலம் செல்லும் தகவல், தருவாய் செய்திகள் போன்ற தொலைத் தொடர்புகள், பேச்சுத் தொடர்புகளைவிட விரைவில் அதிகரித்துவிடும் என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இன்று பழக்கத்தில் உள்ள தொலைபேசிக் கூட்டுத்தொடர் தகவல் தருவாய் போக்குவரத்தை சமாளிக்க இயலாது. இதற்கு உதவ தொடர்பு கோள்களின் உதவி தேவை. அவற்றால், உலகெங்கும் கணிப் பொறிகளை இணைத்து விவரங்களையும், நிகழ்ச்சிகளையும் பரிமாறிக்கொள்ளும் இன்டர்நெட் என்ற தொடர்பு முறையின் தேவைகளை சமாளிக்க முடியும். பேச்சிற்கு மட்டுமின்றி, ஒளி, ஒலித் தொடர்புகள் அனுப்பும் திறனையும் வலுப்படுத்தப்பட வேண்டும். கையில் ஏந்திச் செல்லும்படியான தொலைபேசிகள் மூலம் கோளுடன் தொடர்புகொள்ளும் அளவிற்கு இன்றைய தொழில்நுட்பம் வளர்ந்துள்ளது.

விண்வெளி இணைப்பு பல பயன்களை அளிக்கின்றது. வெகுதொலைவில் உள்ள இடங்களுடன் (உதாரணமாக அந்தமான், நிகோபார்) உறுதியான தொடர்புகளை ஏற்படுத்த இயலும். நிலநடுக்கம், வெள்ளம் போன்ற அவசர காலங்களில், நில இணைப்புகள் சீராக இயங்காத பொழுது, கோள்கள்மூலம் அவதியுற்ற இடங்களுடன் விரைவே தொடர்பு கொள்ளலாம்.

இன்சாட் கோள்களின் 5700க்கும் மேலான இருதிசை பேச்சுத் தொடர்புகள், நில மையங்களைக் கொண்டு செலுத்தப்படும் தொடர்புகளுக்குக் கூடுதலாக அமைந்துள்ளன. அதிகத் தொடர்புகள் இல்லாத இடங்களையும் கோள்மூலம் அதிக செலவின்றி இணைக்க இயலும்.

வணிகத்திற்குப் பயன்படும் சிறு நிலமையங்கள் நாடெங்கும் பரவ தொடர்புக் கோள்கள் உதவும். இதற்கான வரவேற்றுத் தட்டங்கள் 4.5—7.5 மீ. குறுக்களவில் இயங்குகின்றன. இந்தக் குறுக்களவு 1.5—2மீ. அல்லது 50 சென்டி மீட்டர் வரை குறைந்தும் வந்துள்ளது. சிறிய நிலையங்கள் மூலம் தொடர்புகொள்ள, கோளின் ஒளிபரப்பும் திறன் 100 மடங்கு அதிகரித்துள்ளது. இதனால், பங்குச்சந்தை, பல வங்கிகள், பல தனியார், பொதுத்துறை

நிறுவனங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கிராமங்களுக்குத் தந்தி அனுப்புதல், வணிகச் செய்திகளை விரைவாக அனுப்புதல் போன்ற பல பணிகளுக்கும் இன்சாட் கோள்கள் உதவுகின்றன. ஒட்டு மொத்தமாக 12,000 சிறிய தொடர்பு நிலையங்கள் (விசாட்—VSAT) நாட்டில் உள்ளன.

கோள் சார்ந்த தொலைக்காட்சிகள் மக்களை பெரிதும் கவர்ந் துள்ளன. நகரங்களில் கம்பிமூலம் தனியார் முயற்சியால் தயாரிக்கப்படும் பல தொலைக்காட்சி அலைவரிசைகள் அளிக்கப் படுகின்றன. ஆனால் இவற்றைக் காண ஒவ்வொரு இடத்திலும் தனி நிறுவனங்களுக்குச் சந்தா தரவேண்டும். பொதுத்துறை தொலைக்காட்சி முதன்மையான மொழிகளிலும், ஆங்கிலத்திலும், நிகழ்ச்சிகளை அளிக்கின்றன. அவற்றை கம்பி இன்றி நேரடியாக வீட்டில் பார்க்கலாம். இதற்குக் கட்டணம் எதுவும் இல்லை. நம்நாட்டு மக்கட் தொகையில் 85 விழுக்காட்டிற்கு மேலானவர் களை கோள் தொலைக்காட்சிமூலம் அணுகலாம் என்று மதிப்பிட் டுள்ளனர். பொதுத் தொலைக்காட்சி (தூர்தர்ஷன்) வெளிநாட்டு ஒளிபரப்பையும் மேற்கொண்டுள்ளது. இன்சாட் கோள்களிலிருந்து 25 தொலைக்காட்சி அலைவரிசைகள் ஒளிபரப்பாகின்றன; ஆயிரத் திற்கும் அதிகமான ஒளி அலைபரப்பும் மையங்கள் கோள்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

வானொலி நிலையங்களையும் இன்சாட் கோள்கள் இணைக் கின்றன. 200க்கும் மேலான வானொலி நிலையங்கள் குறிப்பிட்ட நிலையங்களிலிருந்து வரும் ஒலிபரப்புகளை பெற்றுக்கொள்ள முடியும். இதுதவிர, தேசிய தகவல் மையம் இன்சாட்மூலம் கணிப் பொறிகளை இணைக்கும் கூட்டுத் தொடர்பை அமைத்துள்ளது. செய்திகளைப் பரப்பவும், மக்களுக்கு உதவும் பல தகவல்களை அறிவிக்கவும் இத்தொடர்பு உதவுகின்றது. கோள் அளிக்கும் வானிலை விவரங்களை ஒலிபரப்ப 100 நிலமையங்களும், புயல் எச்சரிக்கையை ஒலிபரப்ப 250 மையங்களும் உள்ளன.

கல்வித் துறையிலும் இன்சாட் கோள்கள் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளன. இந்திரா காந்தி தேசிய திறந்தவெளிப் பல்கலைக் கழகம், தனது தொலைவழிக்கல்வி நிகழ்ச்சியில் பல படிப்புகளைப் பயில வாய்ப்பு அளிக்கின்றது. இருப்பினும், மரபுப்படி இருந்துவரும் கல்வி முறைகளில் குறிப்பிடத்தக்க விளைவை இன்னமும் தொடர்புக் கோள்கள் ஏற்படுத்த உள்ளது.

அண்ணா பல்கலைக்கழகம், இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனத்தின் உதவியுடன், தகவல்தொடர்பு ஆய்வுக்கென சிறிய

விண்கோள் (60 கிலோ) ஒன்றை அமைக்க உள்ளது. சென்னைத் தொழில்நுட்பக் கல்லூரியின் (MIT) விண்வெளி ஆய்வு மையம் இப்பணியை மேற்கொண்டுள்ளது. நம் நாட்டின் இளைஞர்கள் இத்துறையில் மிக நவீன தொழில் நுட்பங்களைக் கற்றுக் கொள்ள இந்த முயற்சி பயன்படும். நாட்டிலேயே முதன்முறையாக விளங்கும் இம்முயற்சி, விண்வெளித் தொடர்புத் துறையில் மிக உன்னத கல்வி மையத்தை உருவாக்குமென எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

தொடர்புக்கோள்களைக் பயன்படுத்துவதால் பெரிய மாறுதலை அளிக்கவல்ல ஒரு பயன்பாடு, கலந்து உரையாடும் தொலைக்காட்சி முறையாகும். பயிற்சி அளிக்கவும் பல துறைகளில் இம்முறை உதவும். இதன்படி பொதுமக்கள், குறிப்பாக பயிற்சி பெறுவோர் ஒரு புறமும், அதிகாரிகள், வல்லுநர்கள், பயிற்சி அளிப்போர் மற்றொரு புறமும் இருந்தபடி வினாக்களைக் கேட்டும், பதிலளித்தும் கருத்துக்களைப் பரிமாறிக்கொண்டும் நிகழ்ச்சிகளில் பங்கு கொள்கின்றனர். தொழிலாளர்கள், வேளாண்மைத் துறையில் ஈடுபட்டவர்கள், மகளிர், பஞ்சாயத்து அங்கத்தினர் போன்றவர் களும் குறிப்பிட்ட நிறுவனங்களைச் சார்ந்த அதிகாரிகளும் பணியாளரும் இம்முறையால் பயன் அடையலாம். தொலை மருத்துவ ஆலோசனைகளைக் கோள்மூலம் அனுப்பி, கிராமத்தில் உள்ள மருத்துவர்கள் கைதேர்ந்த வல்லுனர்களின் கருத்தைப் பெறலாம். இன்சாட்–3Bஇல் ஒரு பகுதியை 'வித்ய வாஹினி' என்ற திட்டத்தின்படி கல்வி, பயிற்சி அளிக்க ஒதுக்கி உள்ளனர்.

1999இல் அறிவிக்கப்பட்ட தேசியக் கொள்கைப்படி, தனியார் துறையில் தகவல் தொடர்புகளை (இன்டெர்நெட், Ku அலை வரிசை ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்த) அமைக்க அனுமதி வழங்கப் பட்டுள்ளது. இந்தியாவிலிருந்து வெளிநாட்டுக்கோள்களுக்குத் தொலைக்காட்சிகளை அனுப்பி ஒளிபரப்பவும் இயலும். நான்கு இன்சாட் கோள்களின் மறு அலைபரப்பிகள் (80), பெருகி வரும் தேவைகளை முழுவதும் நிறைவேற்ற இயலாது இருப்பதால், 2002க்குள் மறுஅலைபரப்பிகளின் எண்ணிக்கையை 120ஆக அதிகரிக்க திட்டம் உள்ளது.

10

உலகை இணைக்கும் நேரடி ஒளிபரப்பு

இன்டல்சாட் (Intelsat) என்ற பன்னாட்டுத் தொலைத் தொடர்புக் கோள் நிறுவனத்தின் வழியாகக் கிடைக்கும் தொலைக்காட்சிகளும், கணிப்பொறிகள் அளிக்கும் விவரங்களும், உலகெங்கும் பல்லாயிரக் கணக்கான மக்களை அன்றாடம் இணைக்கின்றன. செயற்கைக் கோள்களின்மூலம் தொலைத் தொடர்புகளை அளிக்கும் இந்நிறுவனம் 143 நாடுகளை அங்கத்தினர்களாகக் கொண்டது. தனது 19 கோள்களின்மூலம், இந்நிறுவனம் உலக நாடுகளுக்குத் தொலைக் காட்சி, தொலைபேசி, வானொலி, இன்டர்நெட், தொலைஉருநகல் போன்ற பல்வேறு தொடர்புகளை அமைக்க உதவுகின்றது. சிறப்பான உலக நிகழ்ச்சிகளை ஒரு நொடிக்கும் குறைந்த கால வரைக்குள் மக்களது இல்லங்களில் காணச் செய்கின்றது. அளவிலும், திறனிலும் வேறுபடும் வரவேற்பு நிலையங்கள்மூலம் உள்நாட்டுத் தொலைத் தொடர்புகளையும், பன்னாட்டுத் தொடர்பு களையும் இன்டல்சாட் அளிக்கின்றது.

இந்நிறுவனத்தின் கோள்கள் புவிமையக் கோட்டிற்கு சுமார் 36,000 கி.மீ. தொலைவில் இயங்குகின்றன. இத்தகைய கோள்கள் ஒவ்வொன்றை, முறையே அட்லாண்டிக், பசிபிக், இந்தியக் கடல்களுக்கு மேல் இயங்கச் செய்தால், துருவப் பிரதேசங்களைத் தவிர, உலகின் பெரும்பாலான இடங்களுக்கு பன்னாட்டுத் தொலைத் தொடர்புகளை அளிக்க முடியும். தொலைத் தொடர்பு இயலிலும், விண்வெளி தொழிற்நுட்பத்திலும் ஏற்பட்டு வரும் முன்னேற்றங்களால், தொலைபேசி, தந்தி, இன்டர்நெட் அளிக்கும் விவரங்கள், தொலைக்காட்சி போன்ற பலவற்றின் மின் அலைகளை ஒன்றாகச் சேர்த்துக் கோளிற்கு அனுப்பி, அங்கிருந்து குறிப்பிட்ட வரவேற்பு நிலையங்களுக்கு அனுப்பலாம்.

ஒவ்வொரு நிலையமும் தனக்குரிய அலைகளைக் கைப்பற்றிக்

கொள்ளும். துவக்க நாட்களில் ஒரு மையத்திலிருந்து மற்றொரு மையத்திற்கு மட்டுமே கோள்மூலம் மின் அலைகள் செலுத்தப் பட்டன. ஆனால் விரைவே, பல்வேறு மையங்களுக்கு மின் அலைகள் செலுத்தப்பட்டன. இருதிசை தொலைபேசிப் பாதை களின் (சர்கிட் என்று அழைக்கப்படும்) எண்ணிக்கை அதிகரித்தது. பேச்சு, படம், தகவல் போன்ற பலவிதமான குறியீடுகளை எண்ணிலக்குப்படி சேர்த்து அனுப்பவும் கோளிடமிருந்து பெற்றுக் கொள்ளவும் இயன்றது.

ஒருகோள் புவியின் மூன்றில் ஒரு பகுதிக்குத் தனது மின்அலைகளைச் செலுத்த வல்லது. துவக்க நாட்களில் கோளின் மின்அலைக்கற்று இப்பரந்த பகுதி முழுவதிலும் செலுத்தப்பட்டது. சில இடங்களில் மட்டுமே அந்த அலைகள் வரவேற்கப்பட்டு, பயன்படுத்தப்பட்டன. கோளின் வசதிகளை சில இடங்களில்தான் அதிக அளவு பெற இயன்றது. ஆகவே, எல்லா பகுதிகளுக்கும் ஒரே நிகழ்ச்சியை ஒரே அலைக்கற்று மூலம் செலுத்தாமல், குறிப் பிட்ட வட்டாரங்களுக்கு அவற்றின் தேவைக்கேற்ப வெவ்வேறு நிகழ்ச்சிகளை, ஒரே அலைவரிசையை மீண்டும் பயன்படுத்தி அளிக்கின்றனர். இங்ஙனம், புவியின் பல்வேறு வட்டாரங்களுக்கு வெவ்வேறு நிகழ்ச்சிகளை ஒரே அலைவரிசையில் ஒரே சமயத்தில் அனுப்பலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட அலைபரப்பியின் அளவுக்கேற்ப, அலையின் அதிர்வு எண் அதிகரித்தால், அலைகள் குறுகிய வண்ணம் கோளிற்குச் செல்லும். ஆகவே இதர கோள்களுடன் சேராது, சரியான கோளிற்கு அலைகள் சென்றடைய இயலும். கோளி லிருந்துவரும் மின்அலைகளின் அதிர்வெண், கோளிற்குச் செலுத்தப்படும் அலைகளின் அதிர்வெண்ணைவிடக் குறைவாக இருக்கும். கோளிற்குச் செலுத்தப்படும் அலைவரிசைகள் 6 கிகா—ஹெர்ட்ஸாகவும், கோளிலிருந்து வரும் அலைவரிசைகள் 4 கிகா ஹெர்ட்ஸ் ஆகவும் இருக்கும். இவை C அலைப்பட்டை என்ற வரம்பிற்குள் (அதாவது 3.9—6.2 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) உள்ளன. இதே அலைவரிசையில் வேறு ஒரு பகுதியை (6—4 கிகாஹெர்ட்ஸ்) நிலத்தில் உள்ள நுண்ணலைத் தொடர்புக்குப் பயன்படுத்து கின்றனர். அதற்காக ஒவ்வொரு 50 அல்லது 60 கி.மீ. தொலைவில் புள்ளிக்குப்புள்ளி நேராக 'பார்க்கும்படி' அமைக்கப்பட்டுள்ள கோபுரங்களில் உள்ள கருவிகள் தொலைத்தொடர்பு அலைகளை ஏற்று மீண்டும் அடுத்த மையத்திற்கு அனுப்புகின்றன. இதைவிட அதிக அதிர்வெண் கொண்ட நுண்அலைகளும் (உதாரணமாக

11—14கிகா ஹெர்ட்ஸில்) விண்வெளிக்கு அனுப்பப்படுகின்றன.

தொடர்பு கோள்களின் ஆற்றல் அதிகரிக்க, அலைவரிசை களைக் கையாளும் முறையில் ஏற்பட்ட நூதனமே காரணம். பழைய வழக்கப்படி, பேச்சுக் குரலுக்கு ஏற்ப மின் அலைகள் தொடர்ந்து அனுப்பப்பட்டன. ஆனால் இன்று, எண்ணிலக்க முறைப்படி, குரல் அலையை மின்துடிப்புகளாக அவை ‘உண்டு-இல்லை’ என்றபடி, அனுப்புகின்றனர். இத்துடிப்புகளைக் கொண்டு முழு அலைவரிசையை மீண்டும் அவைபோய் சேர்ந்த மையத்தில் உருவாக்குகின்றனர். இம்முறையில் ‘ஒன்று–சைபர்’ என்றபடி மின் துடிப்புகளை குறிப்பிடுகின்றனர். உண்மையில் அத்துடிப்புகள் பேச்சு, தகவல், படம், அச்சிட்ட அறிவிப்பு என்று எதைவேண்டு மானாலும் குறிப்பிடும்படி அமைக்கலாம். இந்த எண்ணிலக்க முறையில் வேண்டாத ஓசைகள் இருக்காது. மேலும், ஒரு தொடர்புப் பாதையில் அதிக விவரங்களைக் கையாளலாம். இம்முறை தொடர்புக்கோளின் திறனையும், தெளிவையும் அதிகரித்துள்ளது. பலரது பேச்சுகளை கோள் ஏற்று, அவற்றை நில மையங்களுக்கு அனுப்புகிறது. ஒவ்வொரு மையமும் தனக்கே உரிய தொடர்பு அலைவரிசையை மட்டும் எடுத்துக்கொள்கின்றது. அண்மையில், இன்னுமொரு புதுமை தோன்றியுள்ளது. கோளில் உள்ள மின்னணுக் கருவிகள் தமக்கு வரும் அலைவரிசைகளை அலசி, அவை செல்லவேண்டிய நிலமையங்களுக்கு ஏற்ப பிரித்து தனித் தனியே அனுப்புகின்றன. விண்ணிலே இயங்கும் தொலைபேசி இணைப்பகம்போல் கோள் பணிபுரிகின்றது.

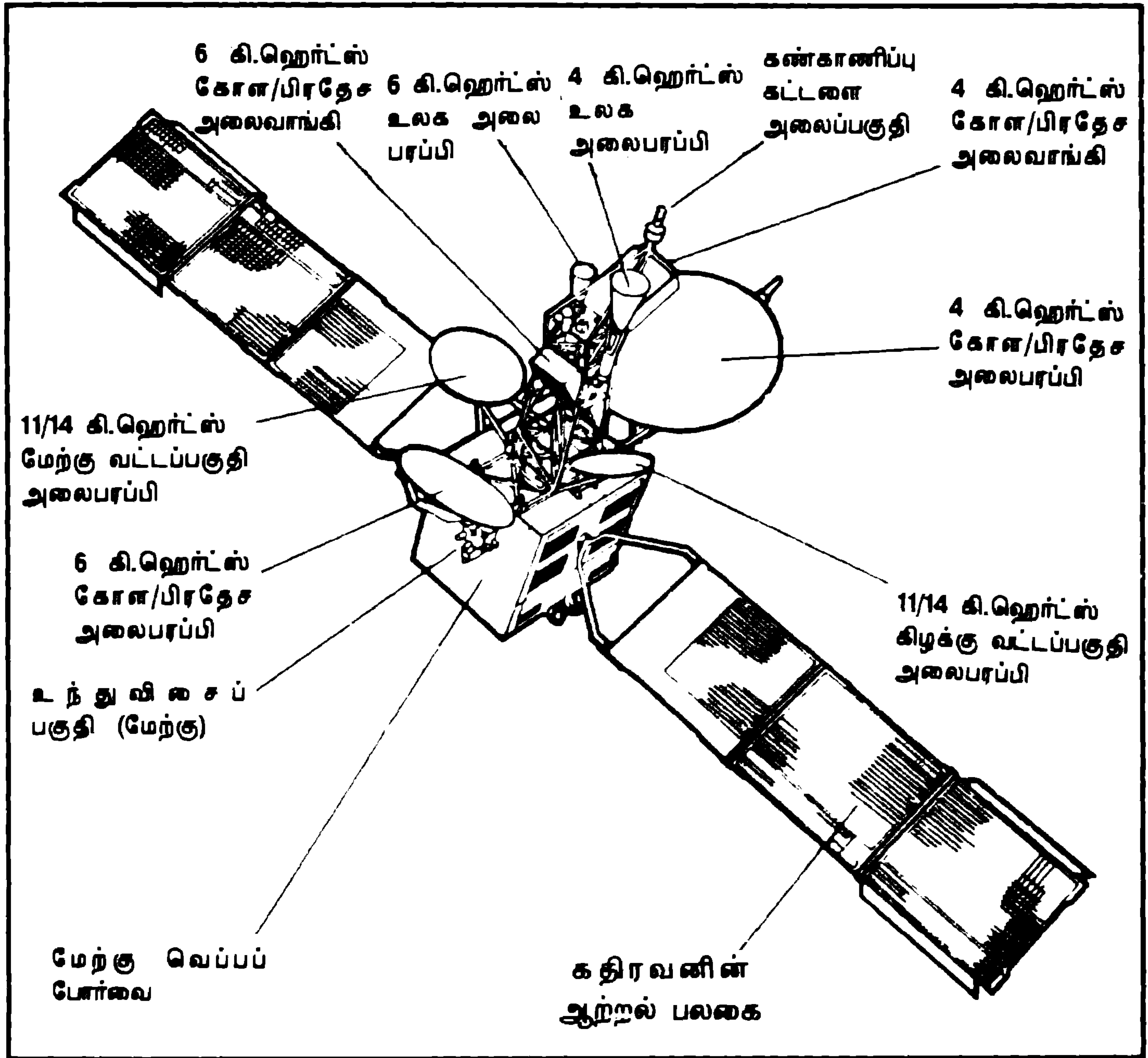
இன்டல்சாட் நிறுவனத்தின் சாதனைகளை இப்பொழுது பார்க்கலாம். 1964இல் அமைக்கப்பட்ட இந்த பன்னாட்டு நிறுவனம் 1965இல் தனது முதல் செய்திக் கோளை, ‘வைகறைப் பறவை’ என்ற பெயரில் ஏவியது. அதேஆண்டில், இந்தியா அந்நிறுவ னத்தில் சேர்ந்தது. முதலில் 240 தொலைபேசித் தொடர்புப் பாதைகள் கோள்வழியே செயல்பட்டன. ஆனால், தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு செலுத்தப்படும்பொழுது, பேச்சுத் தொடர்பு இயங்க வில்லை. மேலும், குறிப்பிட்ட ஒரு இடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு மட்டுமே தொடர்புகளை கோள்வழியே ஏற்படுத்த இயன்றது. 1967இல் இன்டல்சாட்–II பல இடங்களுடன் ஒரே சமயத்தில் தொடர்புகளை இணைத்தது. அடுத்த வந்த இன்டல்சாட் தொலைபேசி, தொலை தட்டெழுத்து, தொலைக் காட்சி, தகவல் பராமரிப்பு ஆகிய பல தொடர்புகளை செயல் படுத்தியது. 1200 பேச்சுப் பாதைகளையோ அல்லது நான்கு வண்ணத் தொலைக்

காட்சித் தொடர்புகளையோ, இதர தொடர்புகளை முழுவதும் நிறுத்தாமல் கோள்மூலம் செலுத்த இயன்றது. 1968இல் ஏவப்பட்ட இன்டல்சாட்–III, 1969இல் நிலாவில் மனிதன் முதன்முறையாக இறங்கியதை சுமார் 500 மில்லியன் மக்கள் நேரடியாகப் பார்க்கும் படி ஒளிபரப்பியது. அடுத்த இன்டல்சாட்–IV 4,000 தொலைபேசிப் பாதைகளையும் இரு தொலைக்காட்சிப் பாதைகளையும் இயக்கியது. மேலும், வட்டப் பகுதிகளுக்கு மட்டும் இரு ஒளிக்கற்றைகளை செலுத்தியது. 1971இல் இந்தியா பன்னாட்டுத் தொலைபேசித் தொடர்புகளை வர்த்தக முறைப்படி அளிக்கத் துவங்கியது. இந்த நிகழ்ச்சி, தந்திகளைக் கொண்டு சென்ற முதல் கடலடிக் கம்பியால் மும்பையும் லண்டனும் இணைக்கப்பட்ட நூற்றாண்டு விழாவாக அமைந்தது! இன்டல்சாட்–IVAயின் தொலைக் காட்சிப் பாதைகளின் எண்ணிக்கை 6000 ஆகவும், அல்லது 20 தொலைக்காட்சித் தொடர்புகளை அளிக்கும்படியும் அதிகரித்தது. 1981இல் துவங்கிய இன்டல்சாட்–V 12,000 தொலை பேசித் தொடர்புகளையும், இரு தொலைக்காட்சித் தொடர்புகளையும் இயக்கியது. அதிக அதிர்வெண்கொண்ட அலைவரிசையிலும் (11—14 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) ஒளிபரப்பிற்று. (படம் 30)

1989இல் இன்டல்சாட்–VI 24,000 தொலைப் பேசித் தொடர்புகளையும், இரு தொலைக்காட்சித் தொடர்புகளையும் அளிக்கும் ஆற்றலைப் பெற்றது. எண்ணிலக்க முறைப்படி, அலைவரிசையை அலசி, 120,000 பேச்சுப் பாதைகளை அமைக்க இயன்றது.

முதல் தலைமுறைக் கோள்களைவிட சுமார் 500 மடங்கு அதிகத் திறன் வாய்ந்த இன்டல்சாட்–VII (1984) 112,500 பேச்சுப் பாதைகளை வழங்கியது. 2001இல் இன்டல்சாட்–IX செலுத்தப் பட்டது. ஏவும் பொழுதுள்ள கோளின் எடை, 1980இல் 1950 கிலோவாக இருந்தது; 2001இல் அது 4,720 கிலோவாக அதிகரித்தது. மின் அலைகளைப் பிரதிபலிக்கும் மறு அலைபரப்பிகளின் எண்ணிக்கையும் கோள் ஒன்றில் 32 லிருந்து 56 ஆக உயர்ந்துள்ளது.

கோள்கள் கையாண்ட தகவற் துகள்களும் ('பிட்'ஸ்) பெருமளவிற்கு அதிகரித்தன. எண்ணிலக்க முறையில், இன்டல் சாட்–V 1000 மில்லியன் தகவல் துகள்களை ஒரு வினாடியில் அனுப்பியது. இவ்வளவில், பிரிட்டனின் கலைக்களஞ்சியத்தை (தகவல் துகள்கள் வடிவத்தில்) ஒரே நிமிடத்தில் ஆறுமுறை (அமெரிக்காவிற்கும் இங்கிலாந்திற்கும் இடையே) அட்லாண்டிக் பெருங்கடலைத் தாண்டிச் செல்லுமாறு அனுப்பலாம் என்று மதிப்பிட்டுள்ளனர். இன்டல்சாட் VI இந்த சாதனையை மீறி,



படம் 30. இன்டல்சாட்-V ஆங்கிலக் கலைக்களஞ்சியத்தை அட்லாண்டிக் கடலிற்கு அப்பால், ஒரு நிமிடத்திற்கு ஆறுமுறை அனுப்பும் திறனைப் பெற்றுள்ளது.

அதே அளவிற்கான தகவல்களை ஒரு நிமிடத்திற்கு 25 முறை அனுப்பும் அபார ஆற்றலைப் பெற்றது. இக்கோள்கள் புதிய தேவை களைத் தோற்றுவித்த வண்ணமாகவே உள்ளன. இன்டர்நெட்டைப் பயன்படுத்துதல், தொலைக்காட்சிமூலம் நேரடியாக உரையாடுதல், போன்ற பல புதிய முறைகளால், பல்வேறு பகுதிகளில் உள்ளோர் ஒருவரை ஒருவர் பார்த்துக் கொள்ளவும், பேசிக் கொள்ளவும் செய்திகளைப் பரிமாறிக்கொள்ளவும், விஞ்ஞான, வணிக விவரங்களை உடனுக்குடன் அறியவும், ஆராயவும் இயலும்.

99.995 விழுக்காடு உறுதி

இன்டல்சாட் கோள்கள் 200க்கும் அதிகமான நாடுகளுக்கும், பிரதேசங்களுக்கும் தகவல், தொலைக்காட்சி தொடர்புகளை

அளிக்கின்றன. சுமார் 60 மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகளுக்கு உலகத்துடன் தொடர்புகொள்ள இயங்கும் ஒரே இணைப்பாகவும், உள்நாட்டில் வெகு தொலைவில் உள்ள இடங்களை இணைக்கவும் இன்டல்சாட் உதவுகின்றது. பாரபட்சமின்றி, எவ்வித வேறுபாடு மின்றி நுகர்வோருக்கெல்லாம் ஒரே தரமான வசதியை, 99.995 விழுக்காடு உறுதியுடன் வணிக அடிப்படையில் இண்டல்சாட் அளிக்கின்றது. அந்த நிறுவனம் அளிக்கும் வசதிகளில் சில: பேச்சு, தகவல் தொடர்புகளை உள்நாட்டிலும், வெளிநாடுகளுடனும் அமைத்தல்; தொலைக்காட்சித் தொடர்பை நிரந்தரமாகவும், அவ்வப்பொழுதும் அளித்தல்; இன்டர்நெட் தொடர்புகளை இயக்குதல்; கடலடியில் இயங்கும் ஒளி இழைகள் பழுதடைந்தால் அவற்றின் பணியை மேற்கொள்ளுதல்; பல நாடுகளுக்குத் தொழில்நுட்பப் பயிற்சிப் பணிகளை இலவசமாக அளித்தல், போன்றவை.

இன்டர்நெட் தகவல் போக்குவரத்தின் போக்கு அலாதி. பொதுவாக, ஒரு வினாவை அனுப்பும் திசையில் தகவல் குறை வாகவும், அதற்கான பதில் அதிக தகவல்களைக் கொண்டும் வருவதால், இருதிசைகளிலும் சரிசமமாக இல்லாத தொடர்புகளை கோள்மூலம் அளிக்க வேண்டியுள்ளது. இத்தகைய இணைப்புகளை நிலப்பாதைகள் மூலமாகச் செலுத்துவதைக் காட்டிலும், கோள் மூலம் செலுத்தினால் இணைப்பின் திறமை அதிகரிக்கும்; செலவும் குறையும். ஆகவே, இன்டர்நெட் இணைப்பிற்கு 140 நாடுகள் இன்டல்சாட்டைப் பயன்படுத்தி வருகின்றன.

மேலும், கடற்கரையின்றி, நில எல்லைகளுக்குள் அடைந் துள்ள நாடுகளின் வெளிநாட்டுத் தொடர்பு திறம்பட அமைய தொடர்புக் கோள்கள் உதவுகின்றன. அதிக மக்கட்தொகை இல்லாத, அதிகத் தேவை தோன்றாத பகுதிகளுடன் தொடர்பு கொள்ள இன்டல்சாட் கோள்கள் உதவுகின்றன. மேலும் பேரிழப்பு நிவாரணப் பணிகளுக்கும், சுற்றுப்புற சூழ்நிலை கண்காணிப்பிற்கும், அணுஆயுதப் பரிசோதனைக் கண்காணிப்பிற்கும், ஐக்கிய நாட்டு நிறுவனத்தின் அமைதி காக்கும் படையினருக்கும், மனிதாபிமான திட்டங்களை நிறைவேற்றும் பணிகளிலும், தகவல் தொடர்பு கொள்ள இன்டல்சாட் கோள்கள் உதவுகின்றன.

1964ல் இன்டல்சாட் துவங்கிய பொழுது இருந்த உலகம், இன்று பலவிதங்களில் மாறுபட்டுள்ளது. அன்று அரசினருக்குத் தகவல் தொடர்புகளை இயக்குவதில் தனி உரிமை இருந்தது; இன்று, தனியார் துறை பெரிதும் இத்துறையில் பங்கு பெற்றுள்ளது.

தொடர்புகளின் விலையும் குறைந்துள்ளது. உலகத் தகவல் தொடர்பு சந்தையில் இன்றைய நிலைக்கேற்ப, பல பிரதேசக் கோள்கள் செலுத்தப்படுகின்றன. இன்டல்சாட் நிறுவனத்தையும் வர்த்தக முறையில் மாற்றி அமைத்துள்ளனர். இன்டல்சாட் கோள்களையே நம்பியுள்ள நாடுகளுக்கும், உயிர் காக்கும் பொதுப் பணிகளுக்குத் தொடர்புகளை அளிக்கவும், தாம் அளித்துள்ள உறுதிமொழிகளைத் தொடர்ந்து அளிக்க இன்டல்சாட் முன்வந்துள்ளது. தனியார் மயமாக்கப்பட்ட புதிய இன்டல்சாட் உலகத் தகவல் தொடர்பு சந்தையில் சரிசமமாகப் போட்டியிடுமென எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

நிலமையங்கள்

கோள்களுடன் தொடர்புகொண்டு, தகவல்களை ஏந்திய மின் அலைகளைச் செலுத்தி, வரவேற்று, சீராக்கும் பணியை நில மையங்கள் மேற்கொள்கின்றன. இந்தியாவில் இன்டல்சாட்டுடன் தொடர்புகொண்ட முதல் நிலமையம் புனேவிற்கு அருகே ஆர்வி என்ற இடத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் எடை சுமார் 200 டன்களாகும். அதன் நீள்வட்ட அலைவாங்கித் தட்டின் குறுக்களவு 29.7மீ; இருப்பினும் அதை கோள் உள்ள திசையில் மிக துல்லிய மாகத் திருப்பமுடியும். கோளிலிருந்து வரும் அலைவரிசைகளின் வலிமை மிக்வும் குறைந்து (ஒரு வாட்டிற்கும் குறைவாக) இருப்பதால், அந்த அலையை உணர்ந்து, அத்துடன் வரும் வேண்டாத ஒலிகளை அகற்றி, வேண்டிய சமிக்ஞைகளை மட்டும் எடுத்து வலுப்படுத்தும் பணி நில மையத்தில் நடைபெறுகின்றது. இதற்கான உணர்வுக் கருவிகளின் வெப்பத்தைக் குறைத்து (–255° செ) வைக்கின்றனர். கோளின் மின்பெருக்கியின் ஆற்றலை தரை மட்டத்தில் மில்லியன் மடங்கிற்கும் மேலாக அதிகரிக்கும் வலிமையை நில மையம் பெற்றுள்ளது. நில மையத்திலிருந்து கோளிற்குச் சென்று மற்றொரு நில மையத்தை அடைய ஒரு நொடியில் நான்கில் ஒரு பங்கு நேரத்தை (250 மில்லிநொடி) எடுத்துக்கொள்கின்றன.

கோளின் நில மையம் தேசியத் தகவல் தொடர்புகூட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக, ஆர்வி மும்பையுடன் குன்றுகளின் மேலுள்ள பல அஞ்சல் மையங்கள் வழியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆர்வியிலும், டேராடூனிலும் பெரிய அலைவாங்கித் தட்டங்கள் உள்ளன. ஆனால், இன்று பற்பல இடங்களில் சிறிய

திட்டங்கள் தொலைபேசி இணைப்பிற்குப் பயன்படுகின்றன. இதற்கு அடிப்படைக் காரணம், கோள்கள் செலுத்தும் அலைகளின் வலிமை அதிகரித்துள்ளதே; முதல் இன்டல்சாட் கோளைவிட இன்றைய தகவல் தொடர்புக் கோள்கள் ஒரு லட்சம் மடங்கு அதிக ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. மேலும், இன்றைய கோள்கள் ஒரே அலைவரிசையை பலமுறை வெவ்வேறு இடங்களில் பயன்படுத்துகின்றன. ஆற்றல் மிக்க சிறிய அலைவாங்கிகளும், சட்டைப் பையில் பொருந்தும் அளவிற்கு தொலைபேசிக் கருவிகளும் பழக்கத்திற்கு வந்துவிட்டன. தொலைத் தொடர்புகள் அதிகமாக இருந்தால், 15 மீ முதல் 3.5 மீ வரை குறுக்களவுள்ள அலை வாங்கிகளைப் பயன்படுத்தலாம். இவை இயங்கவேண்டிய விதிமுறைகளை இன்டல்சாட் நிறுவனமும், தேசியத் தொலைத் தொடர்பு நிறுவனங்களும் வகுத்துள்ளன.

11

கப்பல்களுடன் தொடர்பு

1912ஆம் ஆண்டில் வட அட்லாண்டிக் பெருங்கடலில் ஆர்.எம்.எஸ். டைட்டானிக் (RMS Titanic) என்ற பெரிய பிரயாணக்கப்பல் மூழ்கியது; 1500 பயணிகள் உயிரிழந்த சோக விபத்து, தொலைத் தொடர்புகளின் பற்றாக்குறையை மக்களிடையே வலியுறுத்தியது. மூழ்கிய கப்பலுக்கு முப்பதே கிலோமீட்டர் தொலைவில் மற்றொரு கப்பல் இருந்தது! ஆனால் அத்துடன் தொடர்பு கொள்ள இயலாமல் போயிற்று. இது மக்களுக்கு பெரிய ஏமாற்றத்தை அளித்தது. இதன் விளைவாக 24 மணி நேரமும் கடலைக் கண் காணிக்கும் முறை ஓரளவிற்கு அமலாக்கப்பட்டது. இருப்பினும், கப்பல் தொடர்புகள் பல காலம் செவ்வனே இருக்கவில்லை. விண்வெளிக் காலத்தில்தான் கடலில் தொடர்புகள் தொடர்ந்தன.

கடல்துறைக் கோள்கள் இயங்கத் துவங்கியதும் கப்பல் களுடன் எப்பொழுதும் தொடர்பு கொள்ள இயன்றது. இன்று, கப்பல்களிலிருந்து கரையில் உள்ள நிலையங்களுக்குத் தொலை பேசிமூலம் சில நிமிடங்களில் தொடர்புகள் இணைக்கப்படு கின்றன. சில ஆண்டுகளுக்குமுன் கற்பனையில்கூட எண்ண முடியாத பல வசதிகள் இப்பொழுது சர்வ சாதாரணமாக கிடைக்கத் துவங்கியுள்ளன. கடலில் சென்றுகொண்டிருக்கும் கப்பல்களுடன் உடனடியாகத் தொடர்புகொள்ளவும், தெளிவாகப் பேசவும், செய்திகளை அனுப்பவும் இயலும்.

1966இல் பன்னாட்டு அரசுகளின் கடற்துறை ஆலோசனை நிறுவனம் கோள்களைத் தகவல் தொடர்புகளுக்காகப் பயன் படுத்துவது பற்றி ஆய்வு நடத்தியது. பத்து ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, இன்மார்சாட் (Inmarsat) என்ற பன்னாட்டு கடற்துறைகோள் நிறுவனம் (1979)இல் துவங்கப்பட்டது. அதன் கட்டுப்பாட்டு மையம் லண்டனில் அமைக்கப்பட்டது. 1982இல் பணியை

மேற்கொண்ட அந்நிறுவனம் கோள்கள்மூலம் கப்பல்களுக்கும், கரையோரம் உள்ள தொழிற்கூடங்களுக்கும் இடையே தொடர்பு களை ஏற்படுத்தி, கப்பல் போக்குவரத்தின் பாதுகாப்பையும், திறனையும் அதிகரித்தது.

இன்று இன்மர்சாட் நகரும் கப்பல்களுடனும், பறக்கும் விமானங்களுடனும், கைத்தொலைபேசிகளுடனும் உலகெங்கும் தனது கோள்கள்மூலம் தொடர்புகொள்ள உதவுகின்றது. இத் தொடர்புகள் வணிகமுறையில் அளிக்கப்படுகின்றன. தொலைபேசி மூலம் நேரடித் தொடர்பு கொள்ளுதல் (இணைக்கும் ஆளின்றி) மின்னணு அஞ்சல் (ஈ-அஞ்சல்), உருநகல்களை அனுப்புதல் போன்ற வசதிகள் கோள்மூலம் அளிக்கப்படுகின்றன. விமானப் பயணிகள் தாமே இந்தத் தொடர்பை அமைத்துக் கொள்ளலாம். இயற்கையால் பேரிழப்பு நேர்ந்த இடங்களுடன் தொடர்பு கொள்ளவும், போர்முனைகளிலிருந்து போர்வீரர்கள் தங்களுடைய குடும்பங்களுடன் பேசவும் இயலும்.

இன்மர்சாட்–A கோள்களுடன் தொடர்புகொள்ளும் நிலையங்களில் ஒரு மீட்டருக்கும் குறைவான குறுக்களவுள்ள அலை வாங்கித் தட்டங்கள் உள்ளன. தொடர்புக்கருவிகள் ஓரிரண்டு உடுப்புப் பெட்டிகளில் வைக்கும்படி உள்ளன. அடுத்த தலை முறைக்கோள், இன்மர்சாட்–B, தொடர்புகளை எண்ணிலக்குப்படி செலுத்தி மிகவும் தெளிவாக அளித்தது. முன்பு இருந்த அலை வாங்கித் தட்டின் குறுக்களவில் எட்டில் ஒரு பங்கே இருக்கும் சிறிய தட்டங்கள்மூலம் கோளுடன் தொடர்புகொள்ள இயன்றது. 1991இல் வந்த அடுத்த கோள்வரிசை, இன்மர்சாட்–C அதிக எடையில்லாத இணைப்புக் கருவிகளைக் கொண்டு சென்றது. அதன் அலைவாங்கி எல்லா திசைகளிலும் திரும்புமாறு செயல் பட்டது. கப்பல்களுடனும், விமானங்களுடனும், நில மையங் களுடனும் தொடர்புகொள்ள பலவிதமான அலைவாங்கிகள் தோன்றியுள்ளன. இரு திசைகளிலும் வினாடிக்கு 600 ‘பிட்கள்’ என்றபடி தகவல்கள் அனுப்பப்படுகின்றன. 1993இல் இன்மர் சாட்-M என்ற அமைப்பில், சிறிய இருதிசை தொடர்புக் கருவியை கைப்பெட்டியில் பொருந்துமாறு அமைத்தனர். உருநகல் செலுத்தவும், சிறிய அளவில் தகவல் செலுத்தவும் இதைப் பயன்படுத்தலாம். 1990இல் கோள்மூலம் விமானத் தொடர்பு துவங்கிய பின் உலகில் எங்கு செல்லும் விமானத் துடனும், தகவல், பேச்சு, செய்திகள் ஆகியவற்றை உடனுக்குடன் பரிமாறிக் கொள்ள வசதிகள் தோன்றின. தொலைபேசித்

தொடர்புகளை தனியார் தொலைபேசிகளுடன் நேரடியாகவும் அமைக்கலாம்.

பல்வேறு வசதிகள்

கடலில் எண்ணெய் எடுக்கும் திடல்களுடன் நேரடித் தொடர்பு கொள்ளவும், ஆய்வு விவரங்களை ஆராய்ந்து முடிவுகளை விரைவே அனுப்பவும் இன்மர்சாட் உதவுகின்றது. இக்கோள்கள் தகவல் தொடர்புகளை குறிப்பிட்ட காலத்தில், பிழையின்றி அமைக்கும் என்ற நம்பிக்கையை ஏற்படுத்தியுள்ளன. சரக்குகளைக் கையாளுவதிலும், கப்பல்களின் பொருள் பட்டியலைக் கண் காணிப்பதிலும் துறைமுகங்களின் போக்குவரத்து நிலையை அறியவும் இக்கோள்கள் உதவும். கப்பல் செல்லும் வழிகளும் சீர்திருத்தப்படலாம். தொலைபேசிமூலம் செல்லும் தகவல்கள் வேண்டாதவர் கேட்க இயலாதபடிக் குறியீடுகளைக் பயன் படுத்தலாம். நிலப்படங்களையும், தொழில் நுட்ப வரைபடங் களையும் உருநகல் மூலம் அனுப்பலாம். அச்சிட்ட ஒரு தாளை வினாடிக்கு 200 வரிகள்வீதம் அனுப்பலாம். அன்றாட பத்திரிகை களை கப்பலில் அச்சிடலாம். எப்பொழுது வேண்டுமானாலும் கப்பலுக்குத் தகவல் அனுப்பலாம்.

மற்றொரு முறையில் குறிப்பிட்ட சில கப்பல்களுக்கு மட்டும் ஒரு தகவலை அனுப்பலாம். ஒரு நாட்டின் கப்பல்களுக்கு மட்டுமோ அல்லது ஒரு தனிநிறுவனத்தின் கப்பல்களுக்கு மட்டுமோ, தகவல்களை அனுப்பலாம்; அவற்றுடன் ஒரே தருணத்தில் தொடர்புகொள்ளலாம். தனித்தனியாகவும், வானொலி அறிக்கைபோல் பரவலாகவும் தகவல்களை அனுப்பலாம். கப்பல் செல்லும் விதத்தையும், வேகத்தையும் கோள்கள் தாமாகவே கண்காணித்து, திருத்தம் ஏதும் வேண்டியிருந்தால், கப்பலுக்கு அனுப்பலாம். கப்பலின் கணிப்பொறி, கரையில் உள்ள கணிப்பொறி யுடன் நேரடித் தொடர்பு கொள்ளலாம்.

இன்மர்சாட்–3ம் கோளின் 'அடிச்சுவடு' படும் பிரதேசத்தி லிருந்து மடியில் வைத்துக்கொள்ளும் கணிப்பொறிமூலம் கோளுடன் தொடர்பு கொள்ளலாம். இன்மர்சாட்டின் திட்டம் 21 என்ற புதிய வசதிப்படி, தனிநபர்கள் கையில் ஏந்தி இயக்கும் தொலைபேசிகள் மூலமாகவும், இதர தொடர்புக் கருவிகள் மூலமாகவும் கோளுடன் இணையலாம்.

இன்மர்சாட் நிறுவனம் துவங்கியபொழுது, ஐரோப்பிய

மார்சேஸ், (Marces) கோள்களையும், இண்டல்சாட்–V கோளையும், அமெரிக்கக் கடற்படைக் கோள்களையும் பயன்படுத்திக் கொண்டது. ஆனால், இரண்டாம் தலைமுறைக் கோள்கள் இன்மர்சாட் நிறுவனத்தையே சேர்ந்தவை. 1996இல் மூன்றாம் தலை முறைக் கோள்கள் செலுத்தப்பட்டன. இந்தியக் கடல் பிரதேசத்திற்கு வசதி அளிக்க 64° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டில் ஒரு இன்மர்சாட் செயல்படுகிறது. அதன்முன் இயங்கிய கோளை விட எட்டு மடங்கு அதிக ஆற்றலை இக்கோள் கொண்டது.

மூன்றாம் தலைமுறை வரிசையில் ஐந்து இன்மர்சாட் கோள்கள் உள்ளன. உலகெங்கும் தொடர்பு இணைப்பை இலேசான கணிப்பொறிகள்மூலம் ஏற்படுத்தும் பணிக்கு இவை உதவுகின்றன. இதனால் இன்டெர்நெட் இணைப்புக்களும், பயணிகள் விமானங்களுக்குத் தேவையான தொலைக்காட்சி, வானொலி நிகழ்ச்சிகள், இசைத்தகடுகள் போன்ற வசதிகளும் அளிக்கப்படு கின்றன. உலகில் அநேகமாக எந்த இடத்திலிருந்தும் இன்டர் நெட்டின் 'வெப்' (web) என்ற உலக அமைப்புடன் தொடர்பு கொள்ளவும் உதவுகின்றன. விமானப் பயணிகளுக்கும் இன்டர்நெட் இயக்க வசதியை இக்கோளினால் செய்துதர இயலும். ஈ–அஞ்சல் அனுப்பவும், ஈ–வணிகத் தகவல்களை செலுத்தவும் உதவும். அவசர காலத்தில் யார் எங்குள்ளனர் என்ற விவரத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும் இக்கோளின் தொடர்பு உதவும். குறைந்த வேகத்தில் இயங்கும் தொடர்புமூலம், பாக்கெட்டில் உள்ள சிறிய கருவிகள்மூலம் அழைப்போரின் தொலைபேசி எண்ணெயும், சிறிய தகவலையும் தெரியப்படுத்தலாம்.

இன்மர்சாட் தனது ஆற்றலைத் தேவைக்கேற்ப தனது அலை வரிசைக் கற்றைகளைத் திருப்பி, அதிகத் தேவையுள்ள பகுதிகளில் போதிய தொடர்புகளை அமைக்கலாம். இப்பணிகளைச் செவ்வனே செய்ய அரசுகளின் கூட்டு நிறுவனமாக இருந்த இன்மர் சாட் தனியார் மயமாக்கப்பட்டு புதிய இன்மர்சாட்டாக இயங்க உள்ளது. வசதி அளிப்பதிலும், கட்டணங்கள் விதிப்பதிலும், இதர நிறுவனங்களுடன் இன்மர்சாட் போட்டியிட்டால், நுகர் வோருக்குத் தரமான, விலைக்கேற்ற சேவை கிடைக்கும் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர்.

12

நம் விரல்நுனியில் இவ்வுலகம்

விண்வெளிக்காலம் தோன்றியபின் சில ஆண்டுகளுக்கு ஏவுகணை களின் வலுவு குறைந்த அளவிலேயே இருந்தது. புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களை ஏவும் திறனைப் பெற்று இருக்க வில்லை. அந்தச் சுற்றுப்பாதையில் கோள்களைச் செலுத்த இயன்ற பின், முதற்கண் ஒளிபரப்பிற்கு கோள்களைப் பயன்படுத்தினர். நில அமைப்புகளால் இணைக்கப்பட்ட கைத்தொலைபேசிகளை கோள்மூலமும் தொடர்புகொள்ள இயலும் என்று அறிந்தனர். மின்னணுத் துறையில் ஏற்பட்ட மேம்பாடுகளை அடுத்து பலதிசை அலைவாங்கிகளை கைத்தொலைபேசியுடன் இணைக்க இயன்றது. கோளுடன் தொடர்புகொள்ள சிறிய அளவு அலைவாங்கித் தட்டங்களைப் பயன்படுத்தினர். இதனால் நகரங்களில் வசிப்பவர் மட்டுமின்றி, இதர தொடர்புகளால் இணைக்கப்படாத ஒதுங்கிய இடங்களில் உள்ளவரும் பயனடைந்தனர்.

புவியுடன் இணைந்து சுமார் 36,000 கி.மீ. உயரத்தில் சுற்றும் கோள்களுடன் தொடர்புகொள்ள, மின் அலைகள் ஒளிவேகத்தில் சென்றாலும், அவை சென்றுவர கால்வினாடி தாமதம் ஏற்படு கின்றது. தொலைப்பேச்சில் இத்தாமதத்தைப் பேசுவோர் பொருட் படுத்தாது இருக்கலாம்; ஆனால், மிக அதிக அளவில் விரைவே செல்லும் தகவல் அலைவரிசைகளுக்கு கால்வினாடி தாமதம் ஒரு இடையூறாகவே கருதப்படுகின்றது. பல தகவல்கள் அத்தாமதத்தால் செல்லாமல் போய்விடும். ஆனால், தாழ்ந்த உயரத்தில் செல்லும் கோள்களுடன் தொடர்பு கொண்டால், மின் அலைகள் அவற்றை அடைந்து திரும்ப கால்வினாடித் தேவைப்படாததால், தகவல் செல்வதில் தாமதம் வெகுவாகக் குறைகின்றது. மேலும், சிறிய அலைவாங்கிகளை நிலமையங்களில் பொருத்தலாம்.

மின்அலைகள் 36,000 கி.மீ. உயரத்திலிருந்து வருவதற்குப்

பதிலாக, 10,000 கி.மீ. தொலைவிலிருந்து வந்தால், அவை 13 மடங்கு அதிக வலுவாக இருக்கும். மேலும் இந்த அலைகளை ஈர்க்க, பெரிய அளவு அலைவாங்கித் தட்டங்கள் தேவையில்லை. கைத்தொலைபேசியே அலைவாங்கியாக இயங்கலாம்.

கோள் புவியைச் சுற்றும் உயரம் குறையக் குறைய, புவியின் ஈர்ப்பு விசையால், கீழ்நோக்கித் தள்ளும் விசையும் அதிகரிக்கின்றது. ஆகவே, கோள்கள் வேகமாகச் செல்ல வேண்டும். புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளைப்போல, ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை நாள் முழுவதும் 'பார்த்துக்கொண்டு' இயங்க முடியாது. தொடர்பு களைத் தொடர்ந்து அளிக்க அதிக கோள்கள் தேவைப்படும். சுமார் 10,000 கி.மீ. உயரத்தில் 'நடுத்தர புவிச்சுற்றுப்பாதையைப்' பயன் படுத்துகின்றனர். உலகெங்கும் அலைகளை அனுப்பப் பத்து கோள்கள் இந்த பாதையில் தேவைப்படும். அதற்குக்கீழ், 1,400 கி.மீ. உயரத்தில் 'தாழ்ந்த புவிச் சுற்றுப்பாதை'யில் 48 கோள்கள் தேவைப்படும்; அதற்கும் கீழாக, சுமார் 780 கி.மீ. உயரத்தில் 66 கோள்கள் செலுத்தப்பட்டால்தான், உலகமெங்கும் அலைகளைத் தொடர்ந்து அனுப்பலாம். தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைக் கோள்களின் திறனும் வேறுபடுகின்றது. சில, கைத்தொலைபேசியின் ஆற்றலை அதிகரிக்கும். வேறுசில, பலவகையான தகவல்களையும் அனுப்பும் திறனைப் பெற்று இயங்கும்.

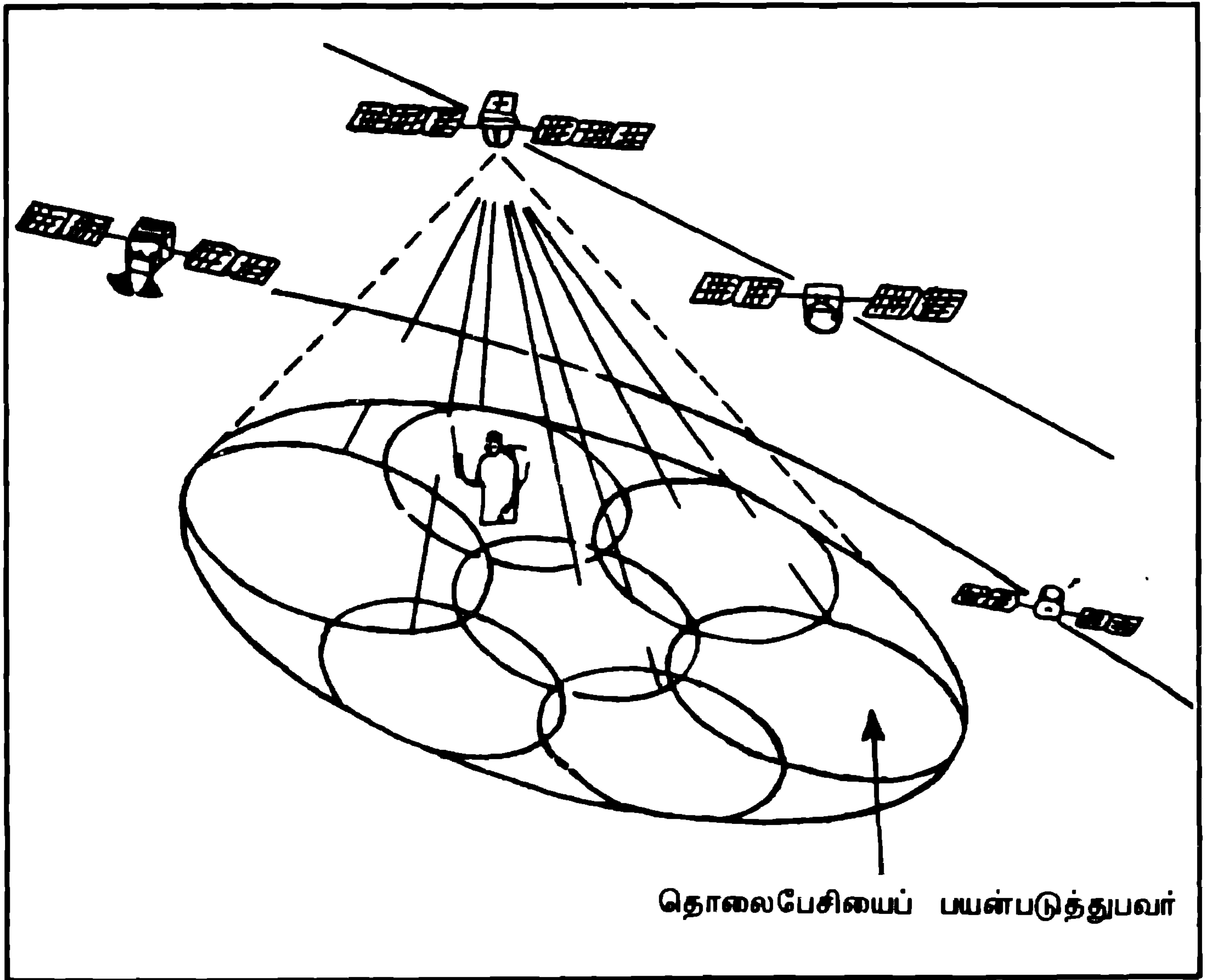
தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் செல்லும் கோள்கள் புவியைச் சுற்றி உள்ள வலுவான கதிர்வீச்சு வளையங்களுக்குள்ளாகச் சென்று வருவதை குறைக்கவேண்டும். ஏனெனில், அங்கு கதிரவனிடமிருந்து வரும் ஆற்றல்மிக்க மின்துகள்களை புவியின் காந்த வயல் கைப்பற்றுகிறது. அவற்றால் கோள்களின் திறன் குறைந்துவிடும்.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள், புவியில் மூன்றில் ஒரு பகுதியைப் 'பார்க்க' இயலும். ஆனால் புவிக்கருகே தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் கோள்கள் ஒரு அளவிற்குட்பட்ட இடங்களுக்கு மட்டுமே தமது ஒளிக்கற்றைச் செலுத்த இயலும். கோளிலிருந்து வரும் அலைகளை வரவேற்கும் பரப்பளவில் ('அடிச் சுவட்டில்'), பல ஒளிக்கற்றைகளை வெவ்வேறு அலைவரிசைகளில் செலுத்துகின்றனர். ஒவ்வொரு ஒளிக்கற்றையும் அதற்குரிய 'வட்டப் பகுதிகளுக்கு' மட்டுமே தொடர்புகளை அளிக்கும். புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளின் ஒளிக்கற்றை 150 வட்டப்பகுதிகளுக்கு (வெவ்வேறு அலைவரிசைகளில்) தொடர்பு அளிக்கலாம்; நடுத்தர சுற்றுப்பாதைக்கோள் 60 வட்டப் பகுதிகளுக்கும், தாழ்ந்த புவிச்

சுற்றுப் பாதைக்கோள் 20 வட்டப் பகுதிகளுக்கும் தொடர்புகளை அளிக்கும்.

தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் செல்லும் கோள், தன்னுடன் தொடர்பு கொண்டவரைக் கடந்துசெல்லும்பொழுது, அவரது தொடர்பு, ஒரு வட்டப்பகுதி ஒளிக்கற்றையிலிருந்து மற்றொரு வட்டப்பகுதி ஒளிக்கற்றைக்கு மாற்றப்படுகின்றது. (படம் 31)

தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் கோள்களை இயக்க முயன்ற மூன்று நிறுவனங்களின் திட்டங்களைச் சற்று பார்க்கலாம். அமெரிக்கா வின் இரிடியம் (Iridium) என்ற தனியார் நிறுவனம் 88 கோள்களைச் செலுத்தியது. அவற்றில் ஒன்று புவியின்காற்று வெளிக்குள் வீழ்ந்து விட்டது; 16 கோள்கள் சுற்றுப்பாதையில் தோல்வி அடைந்தன; மேலும் இரண்டில் சிக்கல்கள் தோன்றின; 66 கோள்கள் 780 கி.மீ.



படம் 31. புவிக்கருகே இயங்கும் தகவல் தொடர்புக்கோள்கள் அளிக்கும் வட்டப்பகுதி ஒளிக்கற்றைகள் நகர்ந்துகொண்டே இருக்கும். நீங்கள் பேசிக்கொண்டிருக்கும்பொழுது, உங்களது பேச்சுத் தொடர்பு ஒரு வட்டப்பகுதி ஒளிக்கற்றையிலிருந்து மற்றொரு ஒளிக்கற்றைக்கு மாற்றப்படலாம்; அல்லது ஒரு கோளிலிருந்து அதைத் தொடர்ந்து வந்துகொண்டிருக்கும் மற்றொரு கோளிற்கு மாற்றப்படலாம்.

உயரத்தில் இயங்கிவருகின்றன. ஆனால், இரிடியம் தொலைபேசிக் கருவிகளை வாங்க மிகச் சிலரே முன் வந்தனர்! விலைமிக அதிக மென்றும், அவற்றின் எடையும் (அரைக்கிலோ!) அதிகமென்றும் கூறப்பட்டது. மேலும், உலகம் சுற்றும் வணிக நிர்வாகிகள்தான் அவற்றால் பயன்பெறுவார் என்றும் குறை கூறினர். மக்களின் அன்றாடத் தேவைக்கு, நில மையங்களால் இயக்கப்படும் கைத் தொலைபேசிகள் பெருமளவிற்கு பழக்கத்தில் வரும் என்று இரிடியம் நிறுவனத்தினர் எதிர்பார்க்க வில்லை. நிதிநெருக்கடியால் நிறுவனம் மூடப்பட்ட பிறகு, அமெரிக்கப் பாதுகாப்பு இலாகாவின் உதவியுடன் ஒரு தனியார் நிறுவனம் மிகக் குறைந்த விலைக்கு இரிடியம் கோள்களை வாங்கியுள்ளது. பலருக்கும் பயனுள்ள முறையில் அக்கோள்களைப் பயன் படுத்துவதாக அறிவிக்கப் பட்டுள்ளது.

மற்றொரு தனியார் நிறுவனமும் (ஐரோப்பிய ஐசி.ஓ) தாழ்ந்த கோள்களைச் சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தும் திட்டத்தை மேற்கொண்டது; ஆனால் அந்த நிறுவனமும் நிதி நெருக்கடிக் குள்ளாகியது.

'குளோபல் ஸ்டார்' (Globalstar) என்ற அமெரிக்க தனியார் நிறுவனம் 1997அக்டோபரில் முறைப்படி கோள்களின்மூலம் தொடர்புகளை அளிக்கும் பணியை மேற்கொண்டது. இந்த நிறுவனம் எட்டு தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் ஒட்டுமொத்தமாக 52 கோள்களை (நான்கு உதிரிக்கோள்கள் உட்பட) இயக்க திட்டமிட்டுள்ளது. அக்கோள்கள் 1,400 கிமீ. தொலைவில் இயங்கும். ஒவ்வொரு தொலைபேசியின் பேச்சும் கோள் மூலமாக நிலமையத் திற்கு அனுப்பப்படுகின்றது. பிறகு அந்த அலை வரிசைகள் உள்ளூரில் உள்ள தொலைபேசி இணைப்பகமூலமாக வேண்டிய நபருக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. கம்பியில்லாமலும் தகவல் தொடர்புகளை அமைக்கலாம்.

இரிடியம் கோள்களால் விண்ணிலேயே ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புகொள்ள முடியும். நில மையங்களிலிருந்து, தொலைபேசி களின் மின்குறிகள் (தனிப்பட்ட 'முகவரிகளுடன்') கட்டுக்கட்டாக கோளிற்கு அவ்வப்பொழுது செலுத்தப்படும். அவற்றைத் திருப்பி, சேரவேண்டிய இடங்களில் இரிடியம் தொலைபேசியோ அல்லது அதற்கென்றுள்ள நுழைவாயில் நிலமையமோ இல்லாவிடில், மிக அண்மையில் உள்ள நான்கு கோள்களில் ஏதாவது ஒன்றால் தொடர்புகள் அமைக்கப்படும். பன்னிரண்டு நுழை வாயில் மையங்கள் உலகமுழுவதும் பேச்சு, தகவல் போன்ற

தொடர்புகளை அமைக்க உள்ளன.

குளோபல் ஸ்டார் அமைப்பு சற்றே எளிதாய் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. கோள்களே தங்களிடையே தொடர்புகொள்ளும் முறை இல்லை. உலகெங்கும் தொடர்புகள் கொள்ள 200க்கும் அதிகமான நில மையங்களை அமைக்கவுள்ளனர். மேலும், உலகம் சுற்றும் நிர்வாகிகளுக்கு மட்டுமன்றி, உள்நாட்டில் செல்லும் பயணிகளுக்குப் பணி புரியும்படியும் திட்டமிட்டுள்ளனர். அதன் கோள்கள் 1,414 கி.மீ. உயரத்தில், புவியின் நிலநடுக்கோட்டிற்கு 52° சாய்வில் இயங்கும்; புவியின் 70°குறுக்குக் கோட்டிற்கு அப்பால் உள்ள இரு மண்டலங்களிலும் இக்கோளின் அலைவரிசைகளால் அதிகம் பயனில்லை.

நடுத்தர உயரத்தில் அமையும் சுற்றுப்பாதையில் இயங்க, 10,355 கி.மீ. தொலைவில், 12 கோள்கள் ஐசி.ஓ. உலகத் தகவல் தொடர்பு நிறுவனத்தால் செலுத்தப்பட உள்ளன. ஒவ்வொரு கோளும் 163 வட்டப்பகுதிகளுக்கான ஒளிக்கற்றைகளை செலுத்து கின்றது. கணிப்பொறிகள் தொடர்புகளை சரியான ஒளிக் கற்றைக்குச் செலுத்துகின்றன. இதற்கு மாறாக, குளோபல் ஸ்டாரில் இவ்வளவு சிக்கல் இல்லை. நில மையங்களைக்கொண்டு தரமாக இயங்கும் கைத்தொலைபேசிகள் பெருமளவிற்குப் பரவியுள்ளதால், கோள் வழிவரும் தொடர்புகளின் பங்கு குறைந்துள்ளது. இருப்பினும், வெளிநாட்டு உறவுகளுக்கு கோள்களின் தொடர்புகள் அதிகமாக உதவுகின்றன.

இதர இரண்டு அமைப்புகளும் இயங்கத் திட்டம் உள்ளது. 'மைக்ரோஸாஃப்ட்' (Microsoft) நிறுவனமும் இதர சிலரும் சேர்ந்து அளிக்கும் 'டெலிடெசிக்' (Teledesic) என்ற அமைப்பில் 288 கோள்கள் உள்ளன. இன்னொரு அமைப்பில் [மோட்டோரோலா நிறுவனத்தின் 'செலிஸ்டிரி' (Celestri)], 63 கோள்கள் உள்ளன. இந்த இரண்டு நிறுவனங்களும் 1,400 கி.மீ. உயரத்தில் கோள்களைச் செலுத்தவுள்ளன. 'யூஜிஸ்' (Hughes) என்ற நிறுவனம் நடுத்தரச் சுற்றுப்பாதையிலும், புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் பாதையிலும் முறையே 20,16 கோள்களைச் செலுத்த உத்தேசித்துள்ளது. 'எலிப்சோ' என்ற இன்னொரு அமெரிக்க நிறுவனத்தின் திட்டப் படி, 17 கோள்கள் உள்ளன. அவற்றில் ஏழு புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதைகளிலும், பத்து 8,060கி.மீ. உயரத்திலும் செலுத்தப்பட உள்ளன.

இன்டர்நெட் தகவல்கள் பெருமளவிற்குப்பெருகி வருவதால், புதிய கோள்கள் தேவைப்படுகின்றன. ஆனால், அத்தகைய

கோள்கள், புவிமைய சுற்றுப்பாதையிலிருந்து Ku அலைப் பட்டையில் (1-15செ.மீ. அலைநீளத்தில்) இயங்குகின்றன. குறிப் பிட்ட சில பிரதேசங்களுக்கென செயல்படவிருக்கும் கோள்களை புவியுடன் இணைந்த சுற்றுவழியில் இயக்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர். இந்தியா உட்பட 22 நாடுகளுக்குப் பணிபுரியும் 'ஆசிய செல்லுலார்' முறை என்ற அமைப்பு ஜகார்தாவிலிருந்து இயங்க உள்ளது. 'துறையா' என்ற (Thuraya) மற்றொரு அமைப்பு, மேற்கு ஆசியாவிலும், இந்தியத் துணைக்கண்டத்திலும் கோள் மூலம் நகரும் தொலைபேசிகளுடன் தொடர்பு ஏற்படுத்த உள்ளது.

கைத்தொலைபேசிகளின் அடுத்த தலைமுறைக் கருவிகள், சட்டைப்பையில் வைக்கும்படி சிறியதாகவும், உலகெங்கும் தொடர்புகொள்ளும் ஆற்றலுடனும் கோள்மூலம் இயங்கும். மிக வேகமாகத் தகவல்களை அனுப்புவதற்கு உதவும். மேலும், நடந்து செல்வோருக்கும், வண்டிகளில் செல்வோருக்கும் தொலைத் தொடர்புகளை அமைக்கும். சுருங்கச் சொன்னால், நம்மை எங்கும், எப்பொழுதும் தொடர்ந்து நமது அன்றாட வாழ்வில் இணைந்து ஒரு புதிய வாழ்வு முறையை விண்வெளித் தொடர்புகள் தோற்றுவிக்கும்.

வானொலியில் ஒரு புரட்சி

வானொலியில் ஒருபுரட்சி தோன்றியுள்ளது. புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள் ஒன்றிலிருந்து ஒலிபரப்பப்படும் அலைகள்மூலம் உள்நாட்டு, வெளிநாட்டு நிகழ்ச்சிகளை மிகமிகத் தெளிவாகக் கேட்கலாம். உள்ளூர், மாநில, உலக நிகழ்ச்சிகளை இதற்காகச் செய்யப்பட்டுள்ள வானொலிப் பெட்டிகள்மூலம் கேட்கலாம். இதில் ஒலிஅலைகள் எண்ணிலக்க முறைப்பட அனுப்பப் படுவதால் வேண்டாத இறைச்சல் எதுவும் இருக்காது.

இத்தகைய ஒலிபரப்பு, முதன்முதலாக 1999 அக்டோபரில் ஆப்ரிக்கா கண்டத்திற்கு செய்யப்பட்டது. 'வோர்ல்டு ஸ்பேஸ்' (World Space) என்ற தனியார் நிறுவனம் அமெரிக்காவில் அமைக்கப் பட்டு, இந்தப் பணியை ஆசியாவிற்கும் ஆசியக்கோள் ஒன்றின் மூலம் 2000இல் துவங்கியது. அமெரிக்காவிற்காக மற்றொரு கோள் செலுத்தப்படவுள்ளது.

ஒவ்வொரு கோளும் மூன்று ஒளிக்கற்றைகளை செலுத்தும். வானொலி கண்டுபிடித்தபின் ஏற்பட்ட பெரிய தொழில் நுட்ப மாறுதல் என்று இந்தப் புதிய அமைப்பை வரவேற்கின்றனர்.

ஒவ்வொரு ஒளிக்கற்றையும் தரமான 50 அலைவரிசைகளை ஒலி பரப்பலாம். இந்த நிகழ்ச்சிகளைக் கேட்பதற்கென்றே செய்யப்பட்ட வானொலிப் பெட்டிகள் தேவை. அவற்றின் விலை இப்பொழுது அதிகமாக இருந்தாலும், நாளடைவில் பெருமளவு உற்பத்தியால், குறையும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

இசைமட்டுமன்றி, கல்வி நிகழ்ச்சிகளையும், குறிப்பிட்ட தொகுதிகளுக்கும், நிர்வாகக் குழுக்களுக்கும் சிறப்பு நிகழ்ச்சி களையும், பல்வேறு இடங்களில் உள்ளவருக்கு ஒரே தருணத்தில் பயிற்சி வகுப்புகளையும், கோள்மூலம் அளிக்கலாம். இந்த முறையின் வெற்றி, எந்த அளவிற்குப் புதிய தொழில்நுட்பம் பொது மக்களின் தேவைகளை நிறைவேற்றும் என்பதைப் பொருத்து அமையும்.

தொழிற்நுட்ப மேம்பாடுகள்

கடந்த 30 ஆண்டுகளாக நடைபெற்றுவரும் பல ஆராய்ச்சிகளைத் தகவல் தொடர்புக்கோள்கள் பயன்படுத்திக்கொண்டுள்ளன. இந்தப் போக்கு நீடிக்கும் என்பதில் ஐயமில்லை.

புவியைச் சுற்றி இயங்க அனுப்பப்பட்ட கோள்களின் எண்ணிக்கை 2000இல் 700 ஆக இருந்தது; பத்து ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு அவை 1700 ஆக அதிகரிக்கும் என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. தொழிற்நுட்ப மேம்பாடுகள் அக்கோள்களில் பிரதிபலிக்கப்படும் என்பதில் ஐயமில்லை. குறைந்தது ஒன்பது பிரிவுகளில் புதிய தொழிற்நுட்ப முன்னேற்றம் ஏற்படும் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர்.

முதலாவதாக, ஆற்றல் மிக்க மின்பெருக்கிகள், கோளின் மின்னாற்றல் தேவைகளைப் பெரிதும் குறைத்துள்ளன. கோளின் பொருண்மையும் குறைந்து வருகின்றது; ஆனால் ஆற்றல் அதிகரித்து வருகின்றது. K அலைப்பட்டை (20-30 கிகா ஹெர்ட்ஸ் 20-30 GHz) போன்ற அதிக அதிர்வெண்கொண்ட அலைத் தொடர்களை புதிய பணிகளுக்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். உதாரணமாக, மருத்துவத்துறையில், நோயாளியின் நிலையைப் பரிசோதித்தபிறகு, கோள்மூலம் வல்லுநர்களின் ஆய்விற்கு விவரம் அனுப்பத் திட்ட மிட்டுள்ளனர்.

இரண்டாவதாக, கிட்டத்தட்ட எல்லாத் தொடர்களும் எண்ணிலக்கப்படி செலுத்தப்படவுள்ளன. குறியீட்டுச் சொற்களைப் பயன்படுத்தி, விவரங்களை உறுதியாக செலுத்தலாம் என்ற நம்பிக்கை இப்பொழுது ஏற்பட்டுள்ளது.

மூன்றாவதாக, விண்வெளியில் இயங்கவல்ல மின்னணுக் கருவிகளின் ஆற்றல் அதிகரித்திருப்பதால், கோளிலேயே மின் அலைகளை முறைப்படுத்தும் ஆற்றல் தோன்றியுள்ளது. நில மையங்களிலிருந்து வரும் விவரங்களை 0.5 மைக்ரோ வினாடியில் (ஒரு வினாடியில் மில்லியன் பங்குகள் ஒன்றில் அரைப்பங்கு!) சேரவேண்டிய இடங்களுக்குக் கோள் அனுப்புகின்றது. இதற்காக, இந்தக் குறுகிய காலவரையில் மின்அலைகளை ஒவ்வொரு வட்டப் பகுதியிலிருந்தும் ஏற்றுக்கொள்கிறது. நான்காவதாக, நகர்ந்து கொண்டுள்ளவருடன் தொடர்புகொள்வதற்கு, மின்அலைகளைச் செலுத்த, இன்று பெரிய அலைபரப்பிகள் கோளில் தேவைப் படுகின்றன. ஆகவே, அவற்றின் வடிவை மாற்றி, சிறிய ஆற்றல்மிக்க அலைபரப்பிகளை உண்டாக்கும் ஆராய்ச்சி நடைபெறுகின்றது.

ஐந்தாவதாக, கோள்களுக்கிடையே ஒளிமூலம் இணைப்பு களை அமைக்கும் பரிசோதனைகள் நடைபெற்றுள்ளன. இதனால், நில மையங்களின் எண்ணிக்கை குறையும். ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் ‘ஆர்டிமிஸ்’ (Artimis) என்ற கோள் புவிக்கருகே (800 கி.மீ.) சுற்றும் பிரெஞ்சுத் தொலை உணர்வுக்கோள் ஒன்று எடுத்த படத்தை, லேசர் ஒளிமூலம் பெற்று, பின் நில மையத்திற்கு அனுப்பியுள்ளது.

ஆறாவதாக, கோளில் கிடைக்கும் மின்ஆற்றலை அதிகரிக்க முயற்சி நடைபெறுகின்றது. கோளின் இறுதிக் காலத்தில் 25 கிலோவாட் மின்னாற்றல் உற்பத்தி ஆக வேண்டுமென்று, அதற்காக கதிரவனின் வெப்பத்தை மின்ஆற்றலாக மாற்றுவதில் 35 விழுக்காடு திறனைக்கொண்ட பகுதிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இதுவரை, மிக அதிக மின்ஆற்றல்கொண்ட கோள் தனது இறுதிக்காலத்தில் 9 கிலோவாட் மின்னாற்றலையே உற்பத்தி செய்துள்ளது.

ஏழாவதாக, இன்டர்நெட்டின் முன்னேற்றத்தால் ஏராளமான தகவல்களை அனுப்பப் பெரிய அளவில் தொடர்புகள் இயங்க வேண்டிவரும். அத்தகைய தொடர்புகளை தொலைபேசி நிறுவனங் களின் அமைப்புகள் கையாள இயலாது. அதற்கு ‘கிகா பிட்’ (Giga bit) கணக்கில் (வினாடிக்கு ஆயிரம் மில்லியன் ‘பிட்கள்’ என்ற வேகத்தில்) இயங்கும் அமைப்புகள் தேவைப்படும்.

எட்டாவதாக, தாமே இயங்கும் தொலை இயக்கிகளின் உதவியால் கோள்களைப் பழுது பார்க்கவும், எரிபொருள்களை மீண்டும் கோளிற்குள் நிரப்பவும் திட்டங்கள் ஆராயப்பட்ட வருகின்றன. இவற்றால், சரிவர இயங்கும் கோள்களின் திறனை அதிகரிக்கவும், அவற்றைப் பராமரிக்கவும் தொலைஇயக்கிகளைப்

பயன்படுத்தலாம். இன்று, பல கோள்கள், அவற்றின் பெரும் பாலான பகுதிகள் சரிவர இயங்கினாலும் சில சிறிய பழுதுகள் காரணமாய் பயனற்று வீணாகின்றன. அமெரிக்கப் பாதுகாப்பு ஆய்வு நிறுவனம் சுற்றுப்பாதையில் உள்ள கோள்களை பராமரிக்கத் தானே இயங்கும் தொலை இயக்கியை உருவாக்க முயன்று வருகின்றது.

கடைசியாக, மின்பகுப்பால் கிடைக்கும் நீர்வளியையும் உயிர் வளியையும் சேர்த்து விண்ணிலேயே சுற்றுப்பாதையில் எரி பொருள்களை உண்டாக்கிக் கோளுக்குள் செலுத்தும் முறையை ஆராய்ந்து வருகின்றனர்.

தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்களின் அடிப்படை நோக்கங்கள் பின்வருமாறு: அதிக எடையை குறைந்த செலவில் விண்ணிற்குக் கொண்டு செல்லுதல்; சிறிய அளவில் அலைபரப்பிகளை அமைத்தல்; இருதிசை தகவல் போக்குவரவிற்கு அதிக அளவில் 'பிட்'களைச் செலுத்துதல்; தொலைக்காட்சி, தொலைபேசி, தொலைத் தகவல் போன்ற பல வசதிகளை ஒரே இடத்தில் செயல் படுத்தும் கருவிகளை அமைத்தல்; கோள்களுக்குத் தம்மையே பழுது பார்த்துக்கொள்ளும் திறனை அளித்தல்; கோள் தொடர்புகளால் பயன்பெறும் பிரதேசப் பரப்பையும் மக்களின் எண்ணிக்கையையும் அதிகரித்தல்.

தொழில்நுட்பமும் சமூக அநீதியும்

தொழில்நுட்ப மேம்பாடு வரவேற்கத்தக்கதே. ஆனால் சமூகத்தில் உள்ள பெரும்பாலான மக்களுக்கு அவை உதவ வேண்டும். உலகில் நான்கில் மூன்று பகுதி மக்களுக்கு, இன்றைய விண்வெளிசார்ந்த வசதிகள் மிகமிகக் குறைவாகவே பயனளித்துள்ளன. ஒரு கலைக் களஞ்சியத்தையே ஒரு வினாடியில் மின்அலைமூலம் அனுப்பிவிட முடியும்; ஆனால் உலக மக்கட்தொகையில் 40 விழுக்காடு எழுதப் படிக்கத் தெரியாதவராக உள்ளனர். மின்அலைமூலம் யாரை எங்கு வேண்டுமானாலும் கண்டுபிடித்து அவருடன் தொலைபேசிமூலம் தொடர்புகொள்ளும் இன்று, உலகின் நான்கில் ஒரு பங்கு மக்கள் தொலைப்பேசியில் ஒரு முறையாவது பேசியதில்லை. கணிப்பொறி பொத்தானை அழுத்தி, வேண்டிய பொருளை வரவழைக்கும் 'வசதி'யை அடைந்துவிட்ட இன்று, உலக மக்களில் 25 விழுக்காடு குடிதண்ணீர் இல்லாது அவதிப்படுகின்றனர். மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகள் இரட்டைச் சவாலை ஏற்க வேண்டிய

நிலை உள்ளது. ஒன்று, விண்வெளியில் தோன்றிவரும் தொழில் நுட்பங்களை அறிந்து, அவற்றை நடைமுறையில் பயன் படுத்துதல். இரண்டாவது, அத்தொழில் நுட்பங்களை பெரும்பாலான மக்களின் அன்றாடப் பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வழிவகுத்தல். கடினமான கருத்துகளைப் புரிந்துகொண்டு செயல்படுவது ஒரு அரிய சாதனையே. ஆனால், அவற்றை பெருவாரியான மக்களின் வாழ்க்கைக்குப் பயனுறச் செய்வது அதைவிட அரிதான சாதனை யாகும். நம்நாட்டின் விண்வெளித் திட்டத்தை வகுத்த டாக்டர் விக்ரம் சாராபாய் கூறியதுபோல, ஒரு பிரச்சினை பெரிது என்றால், அதை படிப்படியாகவே தீர்க்க வேண்டுமென்பதில்லை. தாழ்ந்த நிலையிலிருந்து உச்ச நிலைக்குத் தாவலாம்; தாவமுடியும் என்பதை அவரது சீடர்கள் நிரூபித்து வருகின்றனர்!

13

எது எங்கே உள்ளது? நன்கு அறிய நான்கு கோள்கள்

பண்டைய காலத்தில் பாலிநிசியாவில் கப்பல் செல்லும் திசையை, தேங்காயில் துளையிட்டு அதன்மூலம் வானத்தைப் பார்த்து அறிந்தனர் என்று கூறப்படுகிறது. கி.பி. பதினோராவது நூற்றாண்டில் சீனர்கள் காந்த திசைமானியைக் கண்டுபிடித்து, ஐரோப்பியர்களுக்கு முன்பே கப்பல்களைச் செலுத்த அதைப் பயன்படுத்தினர் என்று அந்நாட்டின் வரலாறு கூறுகின்றது.

கடற்பயணங்கள் துவங்கிய நாட்களில், புவியின் மீது கிழக்கு மேற்காக வரையப்பட்ட கற்பனை குறுக்குக் கோடுகளை ஏற்றுக் கொண்ட மாலுமிகளுக்கு அவற்றை உணர்வதில் பிரச்சினை இருக்கவில்லை. வடமுனை விண்மீன் அடிவானத்திற்குமேல் எவ்வளவு ஏற்ற கோணத்தில் இருக்கின்றது என்று அறிந்து கொண்டால், கிழக்கு மேற்காகச் செல்லும் குறுக்குக் கோடு எங்கு உள்ளது என்பதை எளிதில் நிர்ணயிக்க இயன்றது. ஆனால், வடக்கு தெற்காக வரையப்பட்ட நெடுக்குக் கோடுகளை நிர்ணயிப்பது ஒரு கடினமான சவாலாகவே இருந்து வந்தது. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில், கடிகாரம் செய்துவந்த ஜான்ஆரிசன் (John Harrison) என்ற ஆங்கிலேயர் (1693-1776) தனது விடாமுயற்சியால் நெடுநாள் கடலில் செல்லும் கப்பல்களுக்கேற்ற கடிகாரங்களைச் செய்து, அதற்கான பரிசையும் வென்றார். அக்கடிகாரங்களின் உதவியால், நெடுக்குக் கோடுகளை கப்பல் பயணங்களின் பொழுது மாலுமிகள் அறிய இயன்றது.

விண்வெளிக்காலம் தோன்றியபின், புவியில் இடங்கள் எங்கு உள்ளன என்பதையும், இடங்களிடையே உள்ள தொலைவையும் துல்லியமாக நிர்ணயிக்க இயன்றது. கலன்களைச் செலுத்த உதவும் கோள்கள் மக்களின் அன்றாட வாழ்வில் ஒரு மாறுதலை

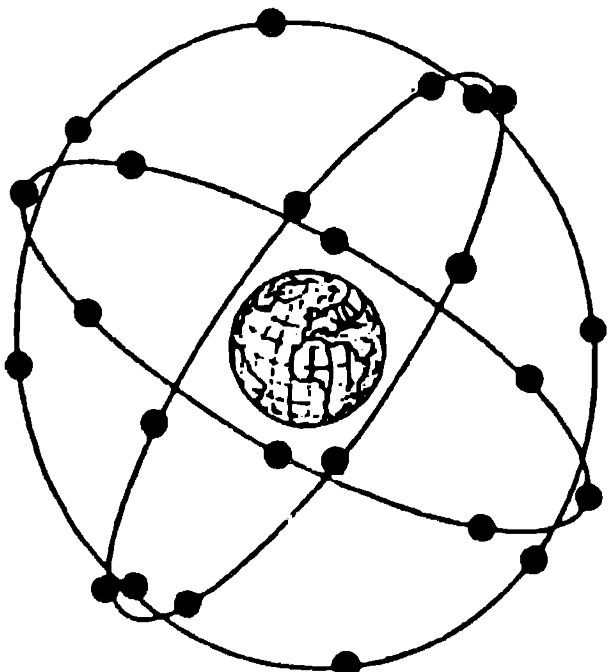
ஏற்படுத்தி வருகின்றது. ஒரு இடத்தையோ, ஒரு நபரையோ, அல்லது அவருடைய பொருளையோ துல்லியமாகக் கண்டு அறிய இக்கோள்கள் உதவுகின்றன.

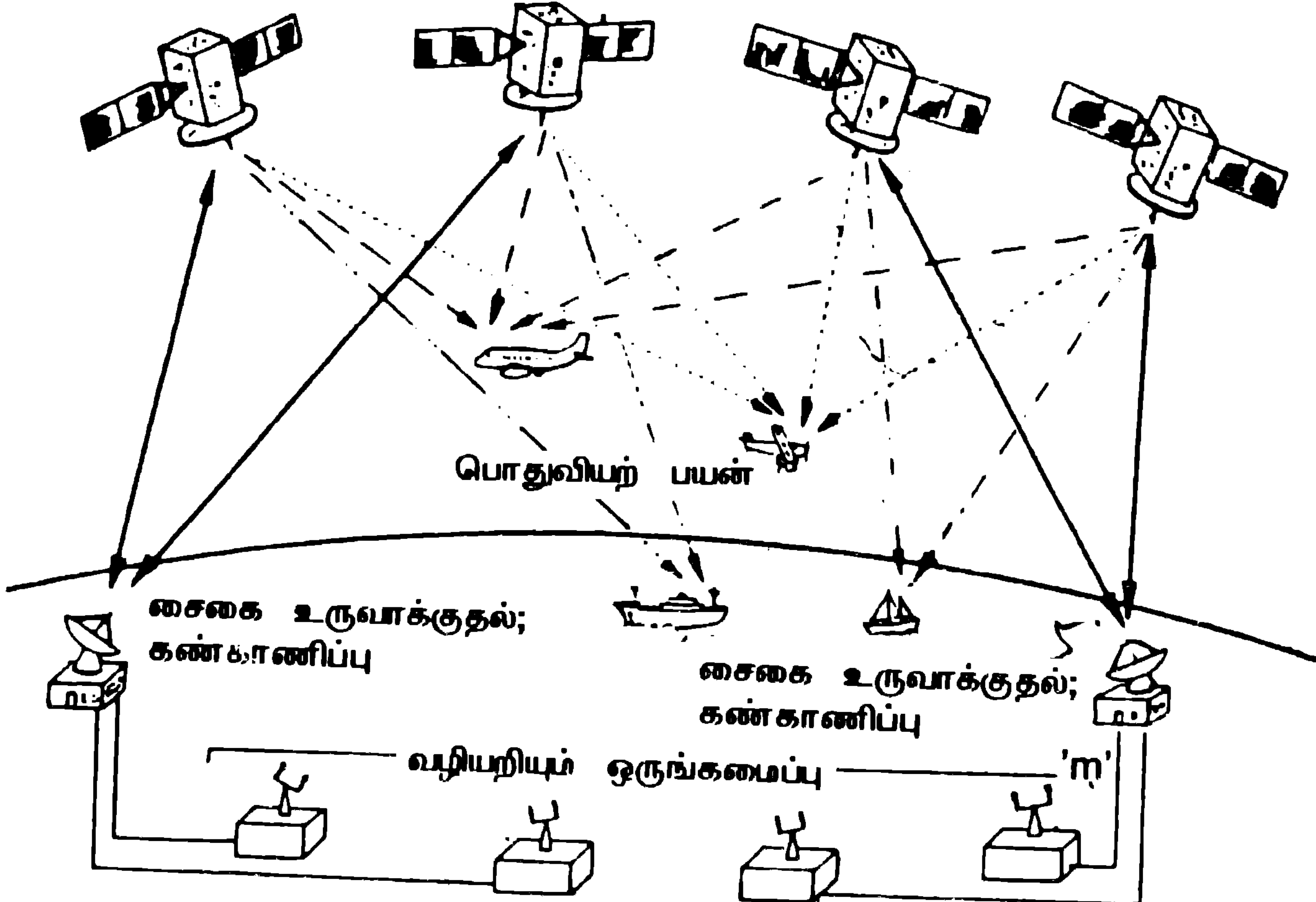
இம்முறையின் அடிப்படையைச் சற்று கவனிப்போம். இட நிர்ணயக் கோள் என்று அழைக்கப்படும் நான்கு கோள்களின் சமிக்ஞைகளிலிருந்து, ஒருவர் உள்ள இடத்தைக் கண்டுபிடிக்க இயலுகிறது. (படம் 32) கோள்களிலிருந்து வரும் சைகைகளைக் கொண்டு, கோள் செல்லும் இடம், நேரம் அதை எங்கே அடுத்து காணலாம் என்ற விவரம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிட்டு, கோளிற்கும் ஒருவர் உள்ள இடத்திற்கும் இடையே உள்ள தொலைவைத் துல்லியமாக அறியலாம். இதற்காக, இத்தகைய கோள்களில் ஏதாவது நான்கு புவியின் எந்த இடத்திலிருந்தும் காணும்படி சுற்றிக்கொண்டே இருக்கின்றன. அக்கோள்களில் சீசியம் கொண்ட அணுக்கடிகாரம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அது ஒரு வினாடிக்கு 9,192,631,770 துடிப்புகளை (!) அளிக்கின்றது. இதனால் கோளின் அலைவரிசை வந்து சேரும் நேரத்தை மிகத் துல்லியமாக அறியலாம். இதனால், இக்கடிகாரம் ஒரு வினாடியில் ஆயிரம் மில்லியன் பகுதிகளில் 10 பகுதிகள் வரை சரிவர இயங்கும்! சைகைகளின் காலவரையைக்கொண்டு, ஒருவர் உள்ள இடத்தின் பரிமாணங்களையும், (வடக்கு தெற்கு நெடுக்குக்கோட்டையும், கிழக்கு மேற்குக் குறுக்குக்கோட்டையும், இடத்தின் குத்துயரத்தையும்) கோளை அணுகிய நேரத்தையும் சரிவர அறிந்துகொள்ள இயலும்.

அமெரிக்க இடநிர்ணயக் கோள்களின் சைகைகளை இலவசமாகப் பெறலாம். அவற்றை ஜி.பி.எஸ். (G.P.S.) கோள்கள் என்று அழைக்கின்றனர். பாதுகாப்புத் துறையைத் தவிர இதர பணிகளுக்குக் கோள்களைக் பயன்படுத்தும்பொழுது, துல்லிய அளவுகளின் திறனை அண்மைக்காலம்வரை சற்றுக் குறைத்துக் கொடுத்தனர். பலநாடுகள், இந்தியா உட்பட, இக்கலன்கள் அளிக்கும் பரிமாணங்களைச் சரிவர அறியத் தேவையான திருத்தங்களை அளித்து வருகின்றன.

ரஷ்யாவும் இத்தகைய கோள்களைச் செலுத்தியுள்ளது. அமெரிக்க விமானப் படை 24 கோள்களை 26,560 கி.மீ. உயரத்தில், ஆறு கோணங்களில் வெவ்வேறு தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதைகளில் செலுத்தியுள்ளது. 1996லிருந்து குளோநாஸ் (Glonass) என்ற பெயரில் 24 கோள்களை ரஷ்யா அனுப்பத் திட்டமிட்டது. 1998 வரை 13 கோள்களை செலுத்தியுள்ளது.

ஐரோப்பிய கோள்களையும் செலுத்தத் திட்டம் வகுத்து





படம் 32. உலக இட நிர்ணயக் கோள்கள். இத்தகைய நான்கு அமெரிக்கக் கோள்கள் அனுப்பும் அளவுகளைக்கொண்டு, ஒருவர் உள்ள இடத்தின் குறுக்குக் கோட்டையும், நெடுக்குக் கோட்டையும், தரை மட்டத்திலிருந்து உயரத்தையும், நேரத்தையும் மிகத் துல்லியமாகக் கண்டுகொள்ள இயலும்.

உள்ளனர். இதர கோள்கள் தரும் அளவுகளை சீர்ப்படுத்தி அளிக்கவும், அவை முரண்பாடான சைகைகளைக் காட்டினால் ஆறு வினாடிகளுக்குள், எச்சரிக்கை விடுவதாகவும் ஐரோப்பியர்கள் கூறுகின்றனர். இந்தப் புதிய கோள்கள் இயங்கத் தொடங்கினால், கோள்களின் அளவுகளைச் சரிப்படுத்த நில மையங்கள் தேவை யிருக்காது எனக் கருதப்படுகிறது. ஐரோப்பிய கோள்களை கலீலியோ என்ற அமைப்பின்படி 2003க்குப் பிறகு செலுத்த வுள்ளனர். முதற்கண், இன்மர்சாட்–3 கோள்களை (அட்லாண்டிக் கடல்மேல் ஒன்றும், இந்தியக் கடல்மேல் ஒன்றுமாக) பயன்படுத்தத் திட்டமுள்ளது. மூன்றாவது கோள், ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் ஆர்டிமிஸ் (Artimis) ஆப்ரிக்காவிற்கு மேலாக இயக்கப்படும். இதர நிர்ணயக் கோள்களைப் போலன்றி, கலீலியோ கோள்கள் 36,000 கி.மீ. உயரத்தில் புவியுடன் இணைந்து இயங்கும். ஆனால், ஐரோப்பிய திட்டப்படி, இந்தக் கோள்களின் வசதி இலவசமாகத் தரப்படமாட்டாது. அடிப்படை பணி என்று ஒருசில சேவைகளை இலவசமாக அளித்துவிட்டு, இதர பணிகளுக்கு வெவ்வேறு கட்டணங்களை விதிக்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர். ஒரு ஜெர்மானிய நிறுவனம் அமெரிக்க ரஷ்ய சைகைகளின் தரத்தை 16 மீட்டர் வேறுபாட்டில் உயர்த்தி அளிக்க ஒரு கருவியை செய்துள்ளது.

அடுத்த தலைமுறைக் கோள்கள், ராணுவக் கட்டுப்பாட்டில் இல்லாமல், பொதுநிர்வாகிகளின் பொறுப்பாக இருக்குமென்று எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. மலிவாகவும், பலரும் வாங்கக்கூடிய விலைக்கு இக்கோள்களைத் தொடர்பு கொள்ளும் கருவிகள் கிடைக்கும் என்று எதிர்பார்க்கின்றனர். அத்தொடர்புக் கருவிகளை இருட்டிலும், மோசமான வானிலையிலும்கூட பயன்படுத்தலாம்.

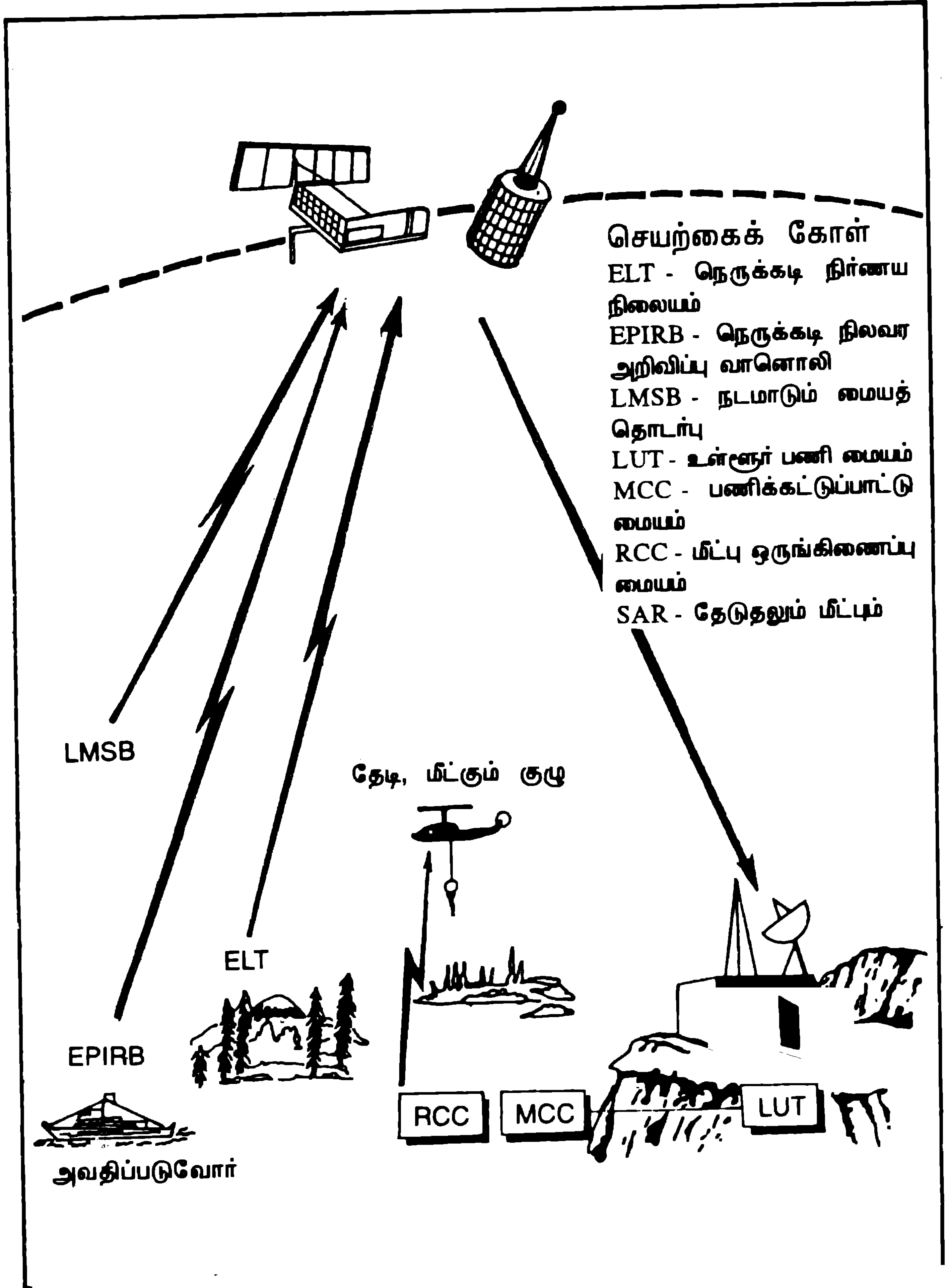
இட நிர்ணயக் கோள்கள் அன்றாட வாழ்வில் ஒரு நல்ல திருப்பத்தை உண்டாக்குமென்பதில் ஐயமில்லை. ஒருவர் இருக்கும் இடத்தைச் சரிவர அறிய இக்கோள்கள் உதவும். இக்கருவி நம்மிடம் இருந்தால், திக்குத் தெரியாத இடங்களில் வீணாக அலையவேண்டி வராது. வண்டிகளில் செல்லும்பொழுது நாம் உள்ள இடம், செல்ல வேண்டிய இடத்திற்கு உள்ள பாதைகள், அவற்றுக்கருகே உள்ள உணவு விடுதிகள், எரிபொருள் கிடங்குகள், கிராமங்கள், நகரங்கள் போன்றவற்றின் விவரங்களை படம் மூலம் காணலாம். சாலை, ரயில், விமானம், கப்பல் ஆகியவை செல்லும் பாதையை கண் காணிக்கவும், நிலப்படம் வரைதல், பயிருக்கு உரமிடுதல், சுற்றுப்புறச் சூழலைக் கவனித்து ஆவன செய்தல் போன்ற பல்வேறு

பணிகளுக்கு இக்கோள்கள் உதவும். காவல் துறையினர், தீ அணைப்போர், அவசர மருத்துவக் குழுவினர் போன்றவர் விரைந்து வருவதற்கும், சரியான பாதைகளை அறியவும் உதவும். மேலும், உலகிற்குப் பொதுவான நேரத்தையும் இக்கோள்கள் அறிவிக்கும்.

இந்திய விண்வெளி நிறுவனத்தின் கோள்கள் சரியான சுற்றுப் பாதையில் உள்ளனவா என்று மதிப்பிட நிலநிர்ணயக் கோள்கள் உதவுகின்றன. இக்கோள்களுடன் அன்றாடத் தொடர்புகொண்டு, நிலமையங்கள் செயல்படுகின்றன. இக்கோள்கள் அறிவிக்கும் கால அளவுகளைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, இந்தியக் கோள்கள் புவிக்கருகே சரியான பாதைகளில் உள்ளனவா என்று கண்காணிக் கின்றனர். இதற்கான பணியை பெங்களூரில் உள்ள இந்திய விண்வெளி நிறுவனத்தின் கட்டுப்பாட்டுமையம் மேற்கொண் டுள்ளது.

இட நிர்ணயக் கோள்களின் தொடர்புக் கருவி ஒருவர் கையில் இருந்தால், பாலைவனத்திலும், மலைப்பிரதேசத்திலும் கூட அவர், காணாமல் போய்விட முடியாது. இன்டர்நெட் மூலமாகவும் இக்கோள்கள் அளிக்கும் விவரங்களை அறியலாம். தொலை உணர்வுக் கோள்களில் சில, இடநிர்ணயக் கோள்களின் தொடர்புக் கருவிகளை ஏற்றிச் செல்லத் திட்டம் உள்ளது. இந்தியக் கடற் கோளில் இத்தகையத் தொடர்புக்கருவி பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

ஒருவர் தாம் உள்ள இடத்தை சரிவர அறிந்திருந்தாலும், அவரது நிலையை அறிவிக்க கோள்களின் உதவியை பல இடங் களில் நாடலாம். கோளின் தொடர்பைத் தவிர வேறு வழி இல்லை என்ற நிலையும் ஏற்படலாம். குறிப்பாக, நடுக்கடலில் அவதிக் குள்ளான கப்பலோ, வானத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் விமானமோ உடனடியாக உதவியை நாடவேண்டிவரும்பொழுது, கோள்கள் உதவும். அவற்றின் உதவிக்குச் செல்லுமுன், கலனோ, விமானமோ உள்ள இடத்தைச் சரிவர அறிய வேண்டும். இதற்குப் பல கோள்களை மையமாகக் கொண்டு, 1979இல் அமெரிக்கா, கனடா, பிரான்ஸ் ஆகிய நாடுகள் இணைந்து சார்சாட் (Sarsat) என்ற ஒரு அமைப்பு முறையைத் துவங்கின. கோள்கள்மூலம் மீட்கும் பணியை ரஷ்யாவும் மேற்கொண்டுள்ளது. ஆசியாவில் இந்தியாதான் அமெரிக்க ரஷ்ய அமைப்பில் சேர்ந்த முதல் நாடாகும். இம்முறையில் கோள்கள் மூலம் அவதிக்குள்ளான கலன்களின் விவரங்களை, அவற்றை மீட்கும் மையங்களுக்கு அனுப்ப இயலும். உதவியைக்கோரும் தகவல்களை வரவேற்று,



படம் 33. தொடர்புக் கோள்களின் உதவியைக் கொண்டு, ஆபத்தில் உள்ள கலன்களைத் தேடி மீட்கும் பன்னாட்டுத் திட்டத்தில் இந்தியாவும் பங்குகொண்டுள்ளது.

உரிய இடங்களுக்கு தெரியப்படுத்த பல மையங்களையும், ஒரு கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தையும் இந்தியா அமைத்துள்ளது.

இந்தியக் கடற்பிரதேசத்தில் குறிப்பாக, ஆப்பிரிக்கா, தென்கிழக்கு ஆசிய நாடுகளுக்கு, மீட்கும் பணி பெரிதும் பயன் படுகிறது. இதற்கான மையங்கள் 1989லிருந்து பெங்களூரிலும், லக்னோவிலும் செயல்படுகின்றன. (படம் 33)

இன்சாட் கோள்கள் காஸ்பாஸ்-சார்ஸட் (Cospas-Sarsat) அமைப்பின்படி அனுப்பப்படும் அவதிச் சைகைகளை அநேகமாக உடனுக்குடன் பதிவு செய்து அறிவிப்பதால், தாழ்ந்த சுற்றுப் பாதையில் செல்லும் கோள்களுக்கு விரைவே செய்தி கிடைக் கின்றது. அவதிக்குள்ளான கலன்கள் இருக்கும் இடத்தை நிர்ணயித்து, மீட்கும் பணியைத் துவங்க உரிய மையங்களுடன் தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் கோள்கள் தொடர்பு கொள்கின்றன.

14

உளவு பார்க்கும் கோள்கள்

இன்றைய செய்திகளில் இதுவரை கண்டிராத அளவிற்கு உளவு பார்க்கும் கோள்கள் இடம்பெற்று வருகின்றன. 1999இல் கொசோவோவில் 'நேட்டோ' (Nato) நாடுகளின் போர் நடவடிக்கை களை அமெரிக்க உளவுக் கோள்கள் கண்காணித்தன. ஆப்கானிஸ் தானில் தீவிரவாதிகளுக்கெதிரான போரிலும் (2001), ஏவுகணை களையும், குண்டுகளையும் குறிப்பிட்ட இடங்களில் வீச பல கோள்கள் உதவின. போர்விமானங்கள் செல்ல வேண்டிய பாதை களையும் சில கோள்கள் ஒரு நாளில் பலமுறை கணித்து அளித்தன. நாளொன்றுக்கு 60 அல்லது 80 விண்படங்களைச் சேகரித்து, தாக்க வேண்டிய இலக்குகளை நிர்ணயித்தனர். அதற்கான கோள்கள் நிலத்தில் ஒரு மீட்டர் குறுக்களவுள்ள எந்தப் பொருளையும் படம் பிடித்துக் காட்டின. மிகச்சிறிய கூடாரத்தீயும், அகதிகளும் இப்படங்களில் தென்பட்டன.

விண்ணில் ஒற்றனைச் செலுத்தும் பணி பலமுறை தோல்வியும் அடைந்துள்ளது. அமெரிக்க விண்வெளி உளவறியும் திட்டத்தின் மிகப் பெரிய தவறு என்று சொல்லும்படியாக, அந் நாட்டின் கோள்களால் இந்தியாவின் 'பொக்ரான்' அணுப் பரிசோதனையை (1998) கண்டறிவிக்க இயலவில்லை. பரிசோதனைக்கு மூன்று நாட்களுக்கு முன்பு, இந்தியா, பாகிஸ்தான் நாடுகளின் அரசு, ராணுவ, தகவல் தொடர்புகளைத் துப்பறிய அமெரிக்கா நவீன உளவுக் கோள் ஒன்றைச் செலுத்தியது. புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் அக்கோளின் உணர்வுக் கருவி, அணுப் பரிசோதனையின் பொழுது செயல்படத் துவங்கவில்லை; அக்கருவி நிலத்தில் 30 மீ. அளவில் இருக்கும் பொருள்களைக் காட்ட வல்லது. தாழ்ந்த உயரத்தில் சென்ற இதர அமெரிக்க உளவுக் கோள்களால் 24 மணி நேரமும் உளவு பார்க்க இயலாது. அத்தகைய கோள்கள்

வரும் நேரத்தை முன்கூட்டியே அறிந்து, பொக்ரானிற்கு மேலாகக் கோள் வரும்பொழுது, பரிசோதனை நடவடிக்கைகளை நிறுத்திவிட்டதாக செய்திகள் கூறின! பொக்ரானிற்குப் பிறகும், அமெரிக்க உளவு அலுவலகம் ஒரு பெரிய கோளை இழந்தது. டைடன்–IVA என்ற ஏவுகணை ஆகஸ்ட் 1998இல் திடலிலேயே வெடித்துவிட்டதால், அது எடுத்துச் செல்லவிருந்த கோளும் எரிந்து போய்விட்டது. சுமார் ஒரு ஆண்டிற்குப் பிறகு டைடன்–IVB-IUS என்ற ஏவுகணை, எதிரிகளின் ஏவுகணைகளை முன் அறிவிக்கும் கோள் ஒன்றை சுற்றுப் பாதையில் செலுத்தத் தவறியது.

உளவுபார்க்கும் கோள்களால் உலகம் பயனடைந்துள்ளது என்றும் கூறுகிறார்கள். உலகில் பனிப்போர் முடிந்ததற்கு உளவறியும் கோள்களே காரணம் என்று சிலர் கருதுகின்றனர். ஏனெனில், மற்ற தரப்பினரின் உண்மையான வலுவை இக்கோள்கள் கண்டுபிடித்து விட்டதால் அச்சமின்றி மேலை நாடுகள் செயல்பட்டன. சோவியத் யூனியன் பல நாடுகளாகப் பிரிவதற்கு முன்பும், பிரியும்பொழுதும் நடைபெற்ற சம்பவங்களை வெளி உலகம் சரிவர புரிந்துகொள்ள இக்கோள்கள் உதவின. அவை எடுத்த விண்படங்களைவிட, அவற்றைச் சரிவர வர்ணிப்பதே அதிக பயன் அளித்தது.

வல்லரசுகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்த்தே இயங்கிய காலம் முடிந்தபிறகு, ஒரு நாட்டின் பாதுகாப்பைப் பற்றிய எண்ணமே மாறியது. 1993இல் அமெரிக்கா 10 ஆண்டுகளாக வைத்திருந்த விண்மீன்போர் என்ற திட்டத்தை அதிகாரபூர்வமாகக் கைவிட்டது. 1991இல் வளைகுடா போரில் பாலைவன சூறாவளி நடவடிக்கையில் உளவறியும் கோள்களுக்கு முதலிடம் தரப்பட்டது. உட்பகைப் போர்காலத்திற்குப் பிறகு ஏற்பட்ட நிலைமையை சமாளிக்க புதிய வகையான கோள்கள் உருவாக்கப்பட்டன. மில்ஸ்டார்–1 (Milstar 1) என்ற 4,000 கிலோ எடையுள்ள கோள், தான் அறிவிக்கும் தகவல்களின் அலை அதிர்வெண்களை நொடிப்பொழுதில் மாற்றி, எதிரிகள் அவற்றை கைப்பற்ற முடியாமல் செய்தது. மேலும், அக்கலன் தானே தனது சமிக்ஞைகளை முறைப்படுத்தும் ஆற்றலையும் பெற்றிருந்தது. முப்படைகளின் தேவைகளை நிறைவேற்றும்படி இக்கோள் செயல்பட்டது; பாலைவனத்தில் நடமாடும் அலைவாங்கிகள் பல அத்துடன் இயங்கின.

வளைகுடா போரில்

வளைகுடா போரில் ஈராக் செலுத்திய ஸ்கட் (Scud) ஏவு

கணைகளின் வருகையை முன்கூட்டியே அறிவிக்க அமெரிக்கக் கோள் ஒன்று உதவியது. அதற்காகவே ஒரு கோள் அப்பிரதேசத்திற்கு அனுப்பப்பட்டது. அது 'ஸ்கட்' ஏவுகணைகளை நன்றாகப் படம் பிடித்துக் காட்டியது. ஏவுகணை புறப்படும்பொழுது அது வீசும் அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சுகளை கோள் பதிவுசெய்து, அந்த ஏவுகணையின் குறியிடங்களை 120 வினாடிகளுக்குள் அறிவித்தது. அந்த ஏவுகணைகள் ஏவப்படும் இடங்களை அமெரிக்கக் கோள்கள் ஏறத்தாழ ஆறு கிலோமீட்டர் வேறுபாட்டில் கண்டு பிடித்தன. அமெரிக்கா தனது பேட்ரியட் (Patriot) ஏவுகணையைச் செலுத்த ஐந்து நிமிட காலவரை தரப்பட்டது.

மூன்றாம் தலைமுறை பாதுகாப்புக்கோள் அமெரிக்க 'ஷட்டில்' கலனிலிருந்து ஏவப்பட்டது. அது இரண்டு அகச்சிவப்பு அலை வரிசைகளைப் பயன்படுத்தி, எதிரியின் லேசர் கதிர்வீச்சால் சீர்குலையாமல் செயல்பட்டது. கோள்களுக்கிடையே லேசர் கதிர் வீச்சால் தகவல்கள் பரிமாறப்பட்டது; அவை நிலகட்டுப்பாட்டு மையங்களுக்கு பிறகு அனுப்பப்பட்டன.

போர்களத்துடன் தளபதிகள் நேரடித் தொடர்பு வைத்துக் கொள்ள கோள்கள் உதவும் என்பதை வளைகுடா போர் உறுதிப் படுத்திற்று. அவற்றின்மூலம், துருப்புகள், கப்பல்கள், விமானங்கள், ஏவுகணைகள் ஆகியவற்றின் நிலைமையை கண்காணிக்க இயன்றது. போருக்குப் பிறகும், தொல்லைபிடித்த இடங்களைக் கவனிக்க கோள்கள் உதவின.

இன்றுவரை (2001) அமெரிக்கா 400 உளவுக் கோள்களையும், ரஷ்யா சுமார் 100 உளவுக் கோள்களையும் செலுத்தியுள்ளன என்று கூறப்படுகின்றது. ரஷ்யாவின் கோள்களில் பெரும்பாலானவை அவற்றின் பயனுள்ள வாழ்வை முடித்துக்கொள்ளும் நிலையில் உள்ளன என்று கூறுகின்றனர்.

விண்வெளியில் இயங்கும் கோள்களின் ஆற்றல் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, தகவல் தொடர்புகளை கையில் ஏந்திச் செல்லக்கூடிய கருவிகள்மூலம் இயக்க இயன்றது. அதிக அதிர்வெண் மின் அலைகளைப் (30-40 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) பயன்படுத்தினர். புவியில் அரைப்பகுதிக்குமேல் உள்ள இடங்களுக்கு நடு இணைப்பு ஒன்றும் இல்லாமலேயே, உளவுக்கோள்கள் தங்களது அலைவரிசைகளை செலுத்தியது. ஒரு முறைப்படி, அந்த அலைகளை மீட்க உயரே பறக்கும் விமானத்தில் அலைவாங்கிகளை எடுத்துச் சென்றனர். இதனால், மழை, காற்று, ஈரம் போன்றவை தொடர்புகளை கலைக்காது என்று கூறினார்கள். மேலும், அதிக அதிர்வெண்களில்

செல்லும் தகவல்களை ஆற்றல்மிக்க சமிக்ஞைகள் தடுத்துவிட முடியாது. கோளில் உள்ள கருவிகளே வேண்டாத தகவல்களை நீக்கி, வேண்டிய விவரங்களை மட்டும் கையாளும் திறனைப் பெற்றுள்ளன. கோள் அலைவீச்சின்றி இயங்கினால், அதை தொலைஉணர்விமூலம் கண்டுபிடிப்பது கடினமாகிவிடும். இன்னொரு முறையில், புவிக்கு 1,15,000 கி.மீ.க்கப்பால் கோள்களை இயக்கி, வேண்டும்பொழுது அவற்றை அருகே வரவழைக்கின்றனர்.

துவக்கத்தில் அமெரிக்கத் தொழிற் நுட்ப வல்லுநர்கள் 'பாரசூட்' மூலம் தாழ்ந்துசெல்லும் கோள்களிலிருந்து தகவல் உள்ள பேழைகளை இறக்கி, நடுவானத்தில் பசிபிக் கடல்மேல் விமானத்தில் சென்று கைப்பற்றினர். பின்னர், இதற்குப் பதிலாக, குறியீடுகள்மூலம் தகவல்களை அனுப்பும் நூதன முறை பயன் படுத்தப்பட்டது. ஒளிப்படங்கள் மட்டுமின்றி, அகச் சிவப்பில் பதிவான படங்களும் அனுப்பப்பட்டன. பிறகு, கோள்களில் மின்காந்த அலைகள்மூலம், ஏவுகணைகளின் பின்புகை, விமானங்கள் சென்ற பாதைக்கப்பால் தொடர்வழி ஆகியவற்றை அறிவித்தன. சூடான அலைவீச்சுகளுக்குப் பதிலாக, மின்காந்த அலைகளின் அளவுகளைக் கண்டு அறியும் முறையையும் கையாண்டனர். நிலத்தில் உள்ள பொருள்களை பெரிய அளவில் பதிவுசெய்ய, தாழ்ந்த உயரத்தில் கோள்களைச் செலுத்தினர். இதனால் கோள்கள் சில மாதங்களே சுற்றுப்பாதையில் இயங்கின.

வேறு ஒரு நுட்பமான முறைப்படி, கோளின் கருவிகள் ஒரு இடத்தின் மின்காந்த அலைகளை அலகிடாமல் 'உற்றுப்பார்க்கும்'. மாற்றமில்லாத அலைகளைத் தாமாகவே பதிவாக்காமல் விட்டு விடும். இதர உணர்வுக்கருவிகள் ஏவுகணைகளின் நடமாட்டத்தை யும், கோள்கள் தம்மை நோக்குகின்றன என்ற தகவலையும் அறிவித்தன. ஆபத்தான கதிர்வீச்சுகள் வந்தால் தங்களுடைய உணர்வுக்கருவிகளைத் தாமே மூடிக்கொள்ளும் ஆற்றலையும் சில கோள்களிடம் இருந்தது.

1963 அணுசக்தி பரிசோதனைத் தடை ஒப்பந்தத்திற்குப் பிறகு, ஒப்பந்தத்தை மீறினால் அச்செயல்களைக் கண்காணிக்க அமெரிக்கா வேலா (Vela) கோள்களை செலுத்தியது. 1,20,000 கி.மீ. தொலைவில் புவிக்கு இருபுறத்திலும் இயங்கும் இரண்டு வேலாக்கோள்கள், புவியில் நடத்தப்படும் அணுபரிசோதனைகளின் கதிர்வீச்சைக் கண்டு பிடித்துவிடும். புவியை எப்பொழுதும் பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் அக்கோள்கள், வானொலித் தொடர்புகளில் குழப்பம் விளைவிக்கும் கதிரவனின் அதிக வெப்ப வீச்சுகளையும் காணமுடியும்.

கோள்களில் அணுவிசை

கோள்களில் ரேடாரைப் பயன்படுத்த அதிக அளவு மின்சாரம் தேவைப்படுகிறது. அதற்காக கதிரவன் வெப்பத்தை சேகரிக்கும் பெரிய பலகைகளையும் பொருத்த வேண்டும். சராசரி 100 வாட் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்ய, 12 சதுர மீட்டர் பரப்புள்ள கதிரவனின் வெப்பப் பலகைகள் தேவைப்படும். இதற்குப் பதிலாக, அணுவிசையை 280 கி.மீ. அளவில் தாழ்ந்து செல்லும் சில கோள் களில் பயன்படுத்தியுள்ளனர். அவற்றின் குறுகிய வாழ்நாளுக்குப் பிறகு அவை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு, அணுவிசை வைத்துள்ள பகுதியை 1000 கி.மீ. உயரத்திற்கு அனுப்பினர். காஸ்மோஸ்–785 போன்ற சில ரஷ்ய கோள்கள், செலுத்திய சில மணி நேரங்களுக்குள்ளேயே தம்முடைய சுற்றுப்பாதையை மாற்றியதால், அவற்றில் அணுவிசை உள்ளது என்று மேலை நாட்டவர் ஐயம் கொண்டனர். அவை, எதிரியின் நசுக்கும் கோள்களை உற்பத்தி செய்ய வழிவகுத்தன என்றும் கூறப்பட்டது. சில காலவரைக்குப் பிறகு ரஷ்யர்கள் 1976இல் தங்களது பரி சோதனைகளை மீண்டும் செய்ய துவங்கினர். இரண்டு கோள்களை மிக அருகில் கொண்டுவந்து, ஒன்றைத் தகர்த்து எறிந்து விடுவார்கள். இம்முறையில் முழு வெற்றிக்கிட்டவில்லை. இதற்கு மாறாக, அமெரிக்கா ஜெட்விமானங்கள்மூலம் நடுவானிலிருந்து சிறிய ஏவுகணைகளை கோள்களின் மீது ஏவியது. இம்முறையும் சரியாக இயங்கவில்லை.

உட்பகைப் போர் முடிவதற்கு முன், அமெரிக்காவை நோக்கிவரும் ஏவுகணைகளைப் பற்றி ஐந்து நிமிட முன்னெச் சரிக்கை அந்நாட்டு நில மையங்களுக்குக் கிடைத்தது. 'மைடாஸ்' (Midas) என்ற கோள், கீழ்நோக்கி விரையும் ஏவுகணையின் அனல்காற்றைக் கண்டுபிடித்தது. முன்னெச்சரிக்கை நேரத்தை 30 நிமிடங்கள் நீடிக்க வேண்டுமென்றால், வானில் சில மின் கம்பிகளை மிதக்கவிடலாம் என்ற திட்டம் கைவிடப்பட்டது; ஏனெனில், விண்ணிலிருந்து இயற்கையாக வரும் 'வானொலி'களை அக்கம்பிகள் அழித்துவிடும் என்று விண்வெளி வானொலி வல்லுநர்கள் எதிர்ப்பு தெரிவித்தனர்.

மறைக்க இயலாது

ஒரு மீட்டர் அளவில் உள்ள பொருள்களை வர்த்தக முறையாக செயல்படும் கோள்கள் படம்பிடித்துத் தரும் இந்த நாளில், வானம்

ஒரு திறந்த வெளியாக மாறிவருகின்றது. தொடர்புக் கோள்களும், வானிலை எப்படி இருப்பினும் 24 மணி நேரம் இயங்கும் கோள்களும், புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் வழியிலிருந்து இடையறாத கண் காணிக்கும் கோள்களும் இயங்குவதால், புவியில் எதையும் மறைத்துவைக்க இயலாது. கோள்களின் 'கண்களை' அழிக்க லேசர் கதிர்வீச்சுகளை அனுப்பலாம். ஆனால், இது ஒரு எளிய பணி அல்ல.

அகச்சிவப்பு அலைகளைக் கொண்டு இயங்கும் சில கோள்கள் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களைக் கண்டுபிடிக்க உதவும். உதாரணமாக ஒரு நீர்மூழ்கிக் கப்பல் 60 மீட்டருக்கடியில் வேகமாகச் செல்லும்பொழுது, கடல்மட்ட நீரின் வெப்பம் 5° சென்டிகிரேட் அதிகமாவதால், இந்த வெப்பத்தைக் கோள் உணர்ந்து கொள்கிறது. ஆகவே ஏவுகணை தாங்கிய நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் பனிப்பாறை களுக்குக் கீழே பதுங்கியும், வேறு இடங்களில் வெப்பத்தை அதிகரித்துக் கோளின் கவனத்தைத் திருப்பவும் முயலுகின்றன. நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களின் ரேடார் அறிகுறிகளைக் காண லேசர் கதிர் வீச்சு பயன்படுகின்றது. கடலடியில் செல்லும் நீரோட்டங்களையும், அவற்றின் வெப்பநிலையையும் அறிய வேண்டும்; அப்பொழுதுதான் கோள் குறிக்கும் விவரங்களைச் சரிவர மதிப்பிடலாம்.

அழிக்கும் கோள்கள்

1967இல் பேரழிவு உண்டாக்கும் போர்க் கருவிகளை 'விண் வெளியில் தடைசெய்யும் நோக்கத்துடன் ஒரு ஒப்பந்தம் சில நாடு களுக்கிடையே ஏற்பட்டது. ஆனால், அந்த ஒப்பந்தத்தின் சொற்கள்படி, அணுசக்தியில்லா போர் ஆயுதங்களை ஆராய்ந்து பரிசோதிக்க அனுமதி உண்டு. போர்க்கருவிகளின் திறனை சரிபார்க்கும் பணியில் இருதரப்பினரும் தலையிடுவதில்லை என்று ஒப்புக்கொண்டனர். இருப்பினும், ரஷ்யா பலமுறை நீண்ட நீள்வட்ட சுற்றுப்பாதையில் பல கோள்களைச் செலுத்திப் பரிசோதித்ததாக அமெரிக்கப் பார்வையாளர்கள் கூறினர்.

2001இல் பதவி ஏற்ற அமெரிக்க அரசு புதிய ஏவுகணைப் பாதுகாப்புத் திட்டத்தைச் செயல்படுத்த வேண்டும் என்று கூறியுள்ளது. சீனா, ஈரான், ஈராக், வடகொரியா போன்ற நாடுகளிலிருந்து அமெரிக்காவை பாதுகாக்க இந்த நடவடிக்கை தேவை என்று கூறுகின்றனர். அத்தகைய ஏவுகணைகளை சரிவர கண்காணிக்க உளவுக் கோள்கள் பல தேவைப்படும்.

விண்வெளியில் இடமில்லையா?

விண்வெளியில் இட நெருக்கமா? வியப்பாகத் தோன்றலாம். முரண்பாடாகவும் தெரியலாம். ஆனால் இது ஒரு உண்மை மட்டு மல்ல; சிக்கலும்கூட. புவியுடன் இணைந்து இயங்கும் தொலைத் தொடர்புக் கோள்கள், நிலநடுக்கோட்டிற்கு சுமார் 36,000 கி.மீ. உயரத்தில் செல்லுகின்றன என்று முன்பே குறிப்பிட்டோம். கோள்கள் இந்தச் சுற்றுப்பாதையில் குறைந்தது 500 கி.மீ. இடை வெளியில் இயங்க வேண்டும் என்று கூறுகின்றனர். அப்பொழுது தான் கோள்களுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்அலை வரிசைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்துவிடாமல், தனித்தனியே அவற்றின் கோள்களை அடையும். இதற்கென பன்னாட்டுத் தொலைத் தொடர்பு யூனியன் விதிமுறைகளை வகுத்துள்ளன. ஆனால் பயன்படுத்துவோரின் ஒத்துழைப்பு இல்லாவிடின் எந்த விதிகளும் பயன் அளிக்காது.

முதலில் வந்தோருக்கு முதலிடம் என்ற கருத்துப்படி பல நாடுகள் விண்வெளியில் சொந்தம் கொண்டாடுகின்றன. ஆனால் மேம்பாடு அடைந்துள்ள நாடுகள் இத்தகைய உரிமையை ஏற்றுக் கொள்வதில்லை. வீடு கட்டாமல் காலி இடம் வைத்திருப்பவரைப் போல், என்றோ ஒருநாள் தமது கோளைக் கொண்டுவந்து நிறுத்துவோமென்று பல மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகள் தங்களது விண்உரிமையைக் காத்துவருகின்றன. சில அந்த 'இடங்களை' விற்றும் விடுகின்றன.

குறிப்பாக ஆசியாவிற்கு மேலே, 60°–100° வரை கிழக்கு நெடுக்குக் கோடுகளுக்கிடையே உள்ள வளைபாதையில்தான் அதிகத் தொடர்பு கோள்கள் உள்ளன. சில நாடுகள் தமது உள்நாட்டுத் தேவைகளுக்காக செலுத்திய கோள்களும் இங்கு உள்ளன. மேலும், வருங்காலத்தில் அவை செலுத்தும் கோள்களுக்கு இன்றே இடங்களை சர்வதேசத் தொலைத்தொடர்பு யூனியனிடம் பதிவு செய்துகொள்கின்றன. அவற்றைப் பயன்படுத்தக் காலவரை ஒன்றும் விதிக்கக்கூடாது என்றும் கூறிவருகின்றன.

இந்தச் சுற்றுப்பாதையில் நெரிசலைக் குறைக்க ஒரு புதிய வழியை சில நிறுவனங்கள் கையாளுகின்றன. கோள்களில் நீர்ம எரிபொருள் தீருவதற்கு சற்று முன்பே, அவற்றின் சுற்றுப்பாதைக்கு மேலே அக்கோள்களைச் செலுத்திவிடுகின்றனர். அங்கே அவை பல்லாண்டு காலம் பயனற்ற பொருளெனச் சுற்றிவந்துகொண்டே இருக்கும். இன்டல்சாட் தனது கோள்களை இவ்வாறு அகற்றி

வருகின்றது. இத்தகைய அகற்றும் முறையை இந்தச் சுற்றுப் பாதையில் செலுத்தப்படும் கோள்களில் எல்லாம் கடைப்பிடிக்க வேண்டும் என்று இப்பொழுது கூறிவருகிறார்கள்.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும்பாதையிலும் அதற்கு அருகிலும் இதுவரை 800க்கும் அதிகமான கோள்களையும், ஏவுகணைகளின் மேற்பகுதிகளையும் செலுத்தியுள்ளனர். ஆனால் இன்று 250 அல்லது 270 கோள்களே இயங்கிவருகின்றன (2001). நூற்றுக்கும் அதிகமான கோள்கள் அவற்றின் பயனுள்ள வாழ்விற்குப் பிறகு அங்கேயே சுற்றுமாறு விடப்பட்டுள்ளன. இவற்றை அப்புறப்படுத்த இயற்கையான முறை ஒன்றும் இல்லை. இதைத் தவிர, புவியிலிருந்து 800 முதல் 1500 கி.மீ. வரையுள்ள இடத்தில், ஒன்று முதல் பத்து சென்டிமீட்டர் குறுக்களவில், ஒரு லட்சத்திற்கும் அதிகமான பல பொருட்கள் 'மிதப்பதாகக் கண்டுள்ளனர். சுமார் 9000 பொருட் களைத் தொடர்ந்து கவனித்து வருகின்றனர். ஆனால் புவியிலிருந்து பார்க்க முடியாத பொருட்களும் ஒரு சென்டிமீட்டருக்கும் குறைவான அளவில் உள்ளன என்றும் எச்சரித்துள்ளனர்.

புவியுடன் இணைந்து இயங்க உதவும் இயற்கையின் அன்பளிப்பு அழியாது இருந்தாலும், நெரிசல் அதிகரித்தால் வருங் காலத்தில் அதைப் பயன்படுத்த இயலாமல் போய்விடும். இந்தச் சுற்றுப்பாதையை திறமையாகவும், நியாயமாகவும் பயன் படுத்துவதில் எல்லா நாடுகளும் ஒத்துழைக்க வேண்டும்.

விண்ணிலும் குப்பையா?

விண்வெளியிலும் குப்பைக்கூளமா? ஆம், வியப்பான வினாவாகத் தோன்றலாம். ஆனால், உண்மையில் இது விண்ணில் விரும்பத் தகாத ஒரு விளைவே.

விண்வெளிக்காலம் தோன்றியபின் செலுத்தப்பட்ட ஏவு கணைகளின் உடைந்த பகுதிகளும், செயல்படாத உறுப்புகளும், புவியைச் சுற்றிவருகின்றன. அதிக எடையில்லாத இப்பொருள்கள் பல்லாண்டுகள் அங்கே பவனிவரும். எடையுள்ள சில பகுதிகளே காற்றுவெளியின் அடர்த்தியான பகுதிக்குள் பிரவேசித்து எரிந்து விடுகின்றன. எது விண்வெளிக் கூளம் என்றால், எல்லோரும் ஏற்றுக்கொள்ளும்படியான வர்ணனை இல்லை. புவிக்கு அருகே தாழ்ந்த சுற்றுவழியில் 10 செ.மீட்டருக்கும் அதிகமான குறுக்களவு கொண்ட பொருட்களும், புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் வழியில் (36,000 கி.மீ. உயரத்தில்) ஒரு மீட்டருக்கும் அதிக குறுக்களவுள்ள

பொருட்களும், உன்னிப்பாகக் கண்காணிக்கப்பட்டு வருகின்றன. தொலைநோக்கிகளையும், ரேடார்களையும் இதற்குப் பயன்படுத்து கின்றனர். சுமார் 8,500க்கும் மேல் இத்தகைய பொருட்களைக் குறிப்பிடும் பட்டியல் ஒன்று தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இது தவிர, 14,000 பொருட்கள் சுற்றுப்பாதையிலிருந்து கீழே இறங்கி விட்டதாகவும், அநேகமாக அவை எலலாம் அழிந்துவிட்டதாகவும் கூறுகின்றனர்.

விண்ணில் சுற்றும் வேண்டாத சிறிய பொருட்களைக் காணவும், இயற்கையாக புவியை நோக்கிவிழும் விண்கற்களின் விளைவுகளை அறியவும் சில கருவிகளைக் கோள்களில் பொருத்தி யிருந்தனர். ரஷ்யாவின் 'மீர்' கலனும், ஐரோப்பியரின் யூரேக்கா கலனும் இப்பணியில் ஈடபடுத்தப்பட்டிருந்தன. கலனைத் தாக்கும் பொருட்களின் குறுக்களவு 0.1—0.001செ.மீ. ஆக இருந்தால் அவற்றைப் பதிவுசெய்ய இயலும் என்று கூறப்பட்டது.

புவியிலிருந்து பார்க்க வேண்டுமென்றால், இப்பொருட்களின் குறுக்களவு குறைந்தது அரைமீட்டராவது இருக்கவேண்டும். இதைவிடச் சிறிய பொருட்களைக் கண்டறிய, ரஷ்யர்கள் 1996இல் தொலைத்தொடர்புக்கோள் ஒன்றை 80° கிழக்கு நெடுக்குக் கோட்டில் இயக்கி, 12 மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை விண்கற்களின் மோதலை அறிந்தனர். விண்ணில் விண்கற்கள் புயல்போல வீசினால், ஒவ்வொரு மணி நேரத்திலும் விவரங்களை அறியலாம் என்று கூறினர். விண்துகள்கள் கோளை வேகமாகத் தாக்கும் பொழுது தோன்றும் மின்னணு அயனிகளை அளவிட்டு, தூள்களின் பரிமாணத்தை அறிய முயலுகின்றனர்.

விண்கற்கள் தாக்கும் என்று முன்கூட்டியே அறிந்ததால், முன்னெச்சரிக்கையாக சில வழிமுறைகளை மேற்கொள்ளலாம். 1998, 1999 ஆண்டுகளில் 'லியோநாயிட் (Leonoid) என்ற விண்கற்கள் [55P டெம்பிள் டட்டில் (Temple Tuttle) என்ற வால்விண்மீனைச் சார்ந்தவை] புவியின் காற்றுவெளியைத் தாக்கியபொழுது, இந்தியக் கோள்களின் கதிரவனின் ஆற்றல் பலகைகளை சற்றே திசை திருப்பி வைத்தனர்; சில உணர்வுக் கருவிகளும் காமிராக்களும் இயங்கு வதை நிறுத்தி வைத்தனர். ஆனால் விண்கற்களால் கோள்களுக்குப் பழுது எதுவும் ஏற்படவில்லை.

15

தொலைஉணர்வு: சாளரங்களும் உணர்விகளும்

மின்காந்த நிறமாலையில் ஒளி ஒரு சிறிய இடைவெளியே. நமது கண் பார்வை நீலநிறப்பட்டையிலிருந்து [0.4 மைக்ரோமீட்டர் (மைமீ) என்ற அளவில்] சிவப்புப்பட்டை வரை (0.7 மைமீ) உள்ள அலைவரிசைகளுக்குட்பட்ட நிறங்களைத்தான் உணர்கின்றது!

நாம் காணும் சிவப்பு அலைகளுக்கு சற்றேஅப்பால் அகச் சிவப்புப் பட்டைகள் உள்ளன. அந்த அலைகளின் நீளம் (0.7-100 மை.மீ.) என்ற அளவில் உள்ளது. அகச்சிவப்பு அலைகளையே தொலை உணர்வுக்கோள்களும், வெப்பத்தை நாடிச் செல்லும் எறிபடைகளும் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. புவியின் மேற் பாகமும் அதன் மேலுள்ள பொருள்களும் அவற்றின் உள் அமைப்பிற்கேற்ப கதிரவனின் ஒளியையும், வெப்பத்தையும் பல்வேறு நீள அகச்சிவப்பு அலைகள்மூலம் பிரதிபலித்தோ, தமது இயல்பான வெப்பத்தை வெளிப்படுத்தியோ, தம்மை அறிமுகம் செய்துகொள்கின்றன.

மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றல் காற்றுவெளிமூலம் செல்கின்றது. காற்றுவெளி அந்த ஆற்றலை சிதறடித்தோ, ஈர்த்துக் கொண்டோ, வெளிப்படுத்தியோ தனது கைவரிசையைக் காட்டு கின்றது! ஆனால் காற்றுவெளி ஒரு நற்பணியையும் செய்கின்றது. கதிரவனின் புற ஊதாக்கதிர்களை புவியின் நிலமட்டத்திற்கு வராமல் தடுத்துவிடுகிறது. நாம் பார்க்கும் ஒளியும், அகச்சிவப்பு அலைகளும் காற்றுவெளி வழியே வெளியேற்றப்பட்டாலும், எல்லா அலைவரிசைகளும் (அவற்றின் நீளம் எதுவாக இருப்பினும்) காற்று வெளியை ஊடுருவிச் செல்ல முடியாது. மின்காந்த நிறமாலையில் ஒரு சில பகுதிகள் மட்டுமே காற்றுவெளிக்குள் புகுந்து வெளியேற இயலும். அப்பகுதிகளை காற்றுவெளிச் சாளரங்கள் என்றும்,

அவற்றுக்கிடையே உள்ள பகுதிகளை, ஈர்த்துக் கொள்ளும் பட்டைகள் என்றும் அழைக்கின்றனர். காற்றுவெளியில் உள்ள நீர் ஆவியும் கரியமில வாயுவும் நிறமாலையின் சில பகுதிகளிலிருந்து வரும் அகச்சிவப்பை ஈர்த்துக் கொள்கின்றன. மேலும், 0.3 மைக்ரோ மீட்டருக்கும் குறைவான ஆற்றல் அலைகளை காற்றுவெளியில் உள்ள ஓசோன் (Ozone) என்ற படிவம் ஈர்த்துக் கொள்கின்றது.

புவியின் காற்றுவெளி நிறமயமான இவ்வுலகின் அழகை நாம் காணும்படி ஒளி வரும் சாளரத்தையும், வானொலிச் சாளரத்தையும், விண்ணிலிருந்து வரும் வானொலி போன்ற ஓயா ஒலியைக் கேட்க ஒரு இடைவெளியையும் கொண்டுள்ளது. கோள்களிலிருந்து வரும் மைக்ரோ அலைவரிசைகளையும் காற்றுவெளி அனுமதிக்கும். காற்று வெளிக்கு மேலே செலுத்தப்படும் கோள்கள் அகச்சிவப்பிலும், புற ஊதாவிலும், இவ்வுலகிற்கு அப்பால் உள்ள காட்சிகளை நாம் 'பார்க்க' உதவுகின்றன. காற்றுவெளியில் உள்ள மூலக்கூறுகள், மண் துகள்கள், நீர்த்துளிகள் போன்றவை, விண்ணிலிருந்தும், கதிரவனிட மிருந்தும் வரும் ஆற்றலைச் சிதறி அடிக்கின்றன; ஈர்த்துக் கொள்ளவும் செய்கின்றன.

ஒரு குன்றின் மேல் ஏறினால் கீழே அதிக பரப்பளவிற்கு நிலத்தை நாம் பார்க்க இயலுவது போல, உணர்வுக் கருவிகளை மேலே எடுத்துச் செல்லச் செல்ல, அவை காணும் பரப்பளவும் அதிகரிக்கின்றது. விமானம் ஒன்று 10 கி.மீ. உயரத்தில் பறந்தால், 2மீ x 2மீ என்ற சிறிய பரப்பளவைத்தான் பகுத்து அறிய இயலும்; மூன்று மணிநேரம் பறந்தால், 5,000 சதுர கி.மீ. பரப்பை 'பார்க்கலாம்', புவி முழுவதையும் இங்ஙனம் ஆராய, சுமார் 35 ஆண்டுகள் பிடிக்கும்! ஏவுகணைகள் 90-450 கி.மீ. உயரத்தை எட்டும்; அவற்றைக்கொண்டு சுமார் 10 நிமிடங்கள் புகைப்படம் எடுக்கலாம். ஒருகோள் 900 கி.மீ. உயரத்தில் செலுத்தப்பட்டால், புவியில் 185 கி.மீ. பட்டையை 'பார்க்கலாம்'. தொலைஉணர்வுக் கோள் ஒன்று, கதிரவனுடன் இணைந்து ஒரே கோணத்தில் புவியின் துருவங்களை வடக்கு தெற்கு திசையில் சுற்றும்பொழுது, கோளிலுள்ள காமிரா போன்ற உணர்வுக் கருவிகள் புவியில் அவை 'பார்க்கும்' இடங்களை ஒரே கோணத்தில் ஒவ்வொரு நாளும் பதிவுசெய்யும். பலநாட் படங்களை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்பொழுது, அந்த இடம் அடைந்துள்ள மாறுதல்களை அறியலாம்.

உணர்விகளில் முன்னேற்றம்

1960ஆம் ஆண்டிலிருந்து தொலைஉணர்விகளில் சிறப்பான முன்னேற்றங்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. மிகப்பழமையான உணர்வி, படங்களைத் தரும் காமிராதான். விண்வெளி விரர்கள் புவியை மிக சிறப்பாக படம் பிடித்து காமிராவின் திறனை வெளிப்படுத்தினர். படத்தைக் கழுவும் வேதிப்பொருள்களும் காமிராவின் வில்லைகளும் பல முன்னேற்றங்களை அடைந்துள்ளன. அதற்கேற்றபடி, கண்ணிற்குப் புலப்படும் அலைவரிசைகளையும் அகச்சிவப்பு அலைகளையும் (0.4–1 மை.மீ. அளவில்) பதிவுசெய்ய இயன்றது. பிரதிபலிக்கும் ஆற்றலை அலைவரிசைகளுக்கேற்ப பல பட்டைகளாகப் பிரித்து, அவற்றைத் தனித்தனியே பதிவுசெய்து, அதிகத் தெளிவான பதிவுகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். பல நிறமாலையில் பதிவாகும் இப்படங்களை எடுக்க, வேதியல் சார்ந்த உணர்விகளுக்குப் பதிலாக, போட்டோ மின்கருவிகளால் கடந்த சில ஆண்டுகளாக பதிவுசெய்யத் துவங்கினர். குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களை மட்டும் பதிவுசெய்யும் மின்னணு உணர்விகள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

காற்று வெளியை 30 கி.மீ. உயரம் வரை பலூன்களை செலுத்தி ஆராயலாம். 250 கி.மீ. வரை உணரும் ஏவுகணைகளைச் செலுத்தி ஆராயலாம். இந்த உயரத்திற்குக் கீழ் கோள்கள் சுற்ற முடியாது. (சில உளவு பார்க்கும் கோள்கள் இந்த உயரத்திற்கும் கீழே செல்லுகின்றன; ஆனால் விரைவில் அவை புவியின் காற்றுவெளியில் விழுந்துவிடும்.) கதிரவனின் கதிர்வீச்சு அதிகரித்தால், காற்றுவெளியின் அடர்த்தியும் அதிகரிக்கும்; கோள்களை விரைவே கீழ்நோக்கி இழுத்துவிடும். கதிரவனில் புள்ளிகள் போலத் தோன்றும் வெப்ப வேறுபாடுகளின் சுழற்சியும், கொழுந்துவிட்டும் எரியும் அலைவீச்சுகளும், புவியின் காற்றுவெளியின் அடர்த்தியை வேறுபடுத்துகின்றன. கதிரவனின் செயற்பாடுகள் 20 விழுக்காடு அதிகரித்தால், புவியின் காற்றுவெளியின் அடர்த்தி 350 கி.மீ. உயரத்தில் இரட்டிக்கும் என மதிப்பிட்டுள்ளனர்.

இயற்கையின் கையெழுத்துகள்

இஸ்திரி பெட்டி சூடாக இருந்தால், அதைப் பார்க்காமலும், தொடாமலும், அதன் வெப்பத்தை நாம் உணர முடிகின்றது. தொலை உணர்விற்கு இது ஒரு உதாரணம். தொலை உணர்வு என்றால், பொதுவாகக் கோள் அல்லது விமானமூலம், தொலைவில்

உள்ள புவியைப் பற்றியும், அதில் உள்ள பொருட்களைப்பற்றியும் தொலைவிலிருந்தபடியே விவரங்களைச் சேகரிப்பதைக் குறிக்கும்.

தொலை உணர்வைப் பெற இயற்கையே உதவுகின்றது. புவியில் உள்ள எல்லாப் பொருட்களும், அதாவது தனிச்சுழி நிலையில் (—270° சென்டிகிரேட்) உள்ளவை, மின்காந்த ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஒவ்வொரு பொருளும் தனது மூலக்கூறுக் கேற்பவும், அணு அமைப்பிற்கேற்பவும் தனது உள் ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றது. ஒவ்வொரு பொருளும் தனக்கே உரிய பாணியில் கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்துவதால், அக்கதிர்வீச்சு அப்பொருள்களின் அடையாளமாய் அதன் 'கையெழுத்துப்' போல உதவுகின்றது. அவற்றைக் கண்டறிய படச்சுருள்கள் உள்ளன. பல்வேறு அலைவரிசைப் படங்களை பல நிறங்களிலும், அல்லது 'பொய்யான' நிறங்களிலும் காட்டலாம். சாதாரண வண்ணப் படத்தில் நீலம், பச்சை, சிவப்பு ஆகிய மூன்று அடிப்படை நிறங்களைச் சேர்த்து மூலவர்ணங்களைக் காட்டுகின்றனர். ஆனால், 'பொய்யான' வர்ணப்படம், பச்சை, சிவப்பு, 'அண்மையில் உள்ள' அகச்சிவப்பு என மூன்று அலைவரிசைகளை மட்டும் ஈர்த்து, அவற்றை முறையே நீலம், பச்சை, சிவப்பு என மாற்றிக் காண்பிக்கின்றது. 'பொய்' வர்ண முறைப்படி, (நாம் கண்ணால் காணமுடியாத) அண்மை அகச்சிவப்பை சிவப்பு வர்ணமிட்டுக் காட்டுகின்றனர். இதைக்கொண்டு காற்றுவெளியை ஊடுருவி, நிலத்திற்கு அடியே உள்ள நீர்த்தேக்கங்களையும், செழிப்பான தாவரத்தையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

புவியில் உள்ள பொருள்கள் (தாவரம் உட்பட) சில அலை வரிசைகளில் பிரதிபலிக்கின்றன; இதரஅலைவரிசைகளில் வரும் கதிர்வீச்சை ஈர்த்துக் கொண்டுவிடுகின்றன. தமது ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை குறிப்பிட்ட அலைவரிசைகளில் வெளிப்படுத்துகின்றன. ஒவ்வொரு பொருளும் அதற்கேற்ற (வெவ்வேறு) அலை வரிசையில் ஒளியையும் வெப்பத்தையும் பிரதிபலிக்கின்றது. செழிப்பான தாவரம் பச்சையாகத் தென்படுவதற்குக் காரணம், பச்சை வர்ணத்தைத் தாவர இலைகள் அதிகமாக பிரதிபலிக்கின்றன. நீல நிறத்தையும், சிவப்பையும், அதிக அளவில் 'உட்கொண்டு' விடுகின்றன. தாவரத்தில் உள்ள தண்ணீர் சில அலைவரிசைகளில் (1.45, 1.95, 2.6 மை.மீ.) பிரதிபலிப்பதில்லை. அகச்சிவப்பு அலை களில் செழிப்பான தாவரம் அதிகமாகப் பிரதிபலிப்பதால், கருப்பு வெள்ளை வர்ணத்தில் தோன்றும் அகச் சிவப்புப் படங்களில், மங்கலான சாம்பல் நிறத்தில் செழிப்பு காணப்படுகிறது.

நமது கண்களால் மின்காந்த அலைவரிசையில் ஒரு சிறு பகுதியை (0.4—0.7 மை.மீ அலைவரிசை) மட்டுமே காண இயலும். ஆனால், அண்மையில் உருவாக்கப்பட்ட உணர்விகள், பிரதி பலித்தோ அல்லது வெளியேற்றப்பட்டோ வரும் கதிர்வீச்சுகளை அகச்சிவப்பிலும், மைக்ரோ அலைகளிலும் உணர்கின்றன. இருப்பினும், காற்றுவெளியில் உள்ள நைட்ரஜன், உயிர்வளி, கரியமில வாயு, ஓசோன் போன்றவை பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஆற்றலை சற்று சிதற அடிக்கின்றன.

புகைப்பட அலைவரிசைகளுக்கப்பால் (0.9 மை.மீ.) அலகிடும் உணர்விகள், வெப்பத்தை வெளிப்படுத்தும் அகச் சிவப்புப் பகுதிவரை மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள பரந்த பகுதியில் செயல்படுகின்றன. தொலை உணர்வுக் கருவிகள் பதிவு செய்யும் கதிர்வீச்சு, அகச்சிவப்புப்பகுதியில் மூன்று பிரிவுகளிலிருந்து வருவதாகக் கொள்ளலாம். இவை: அண்மை அகச்சிவப்பு (0.7—1.3 மை.மீ); நடு அகச்சிவப்பு (1.3—3 மை.மீ.); தொலைவான அகச்சிவப்பு அல்லது வெப்ப அகச் சிவப்பு (7.5—15மை.மீ.). வெப்ப அகச் சிவப்பை பகலிலும் இரவிலும் காணலாம். இரவில் படங்களை பதிவு செய்ய இப்பகுதி உதவும். 1–3 மை.மீ. அலைவரிசை (நடு அகச்சிவப்புப்பகுதி). பாறை, கனிஜம் போன்றவற்றின் உள் அமைப்பைக் காண உதவும். மின்காந்த நிறமாலையில் கண்ணுக்கு தென்படும் பகுதியிலும் அகச்சிவப்பிற்கு அருகேயும் (0.47—1.1மை.மீ.) தாவரத்தின் பிரதிபலிப்பைத் தெளிவாகக் காணலாம்.

நிற மாலையின் பல்வேறு அலைவரிசைகளில் ஒரே காலத்தில் பதிவான காட்சிகளை ஒருங்கிணைத்து மின்காந்த அலைப்பதிவு படங்களை உருவாக்குகின்றனர். நாம் காணும் அலைவரிசைகள் அனைத்தையும் சேர்த்துப் பதிவு செய்தால் படத்தில் கருப்பும் வெள்ளையும் மட்டுமே தென்படும். பொய்யான வர்ணங்களில் தயாரிக்கப்பட்டால், தாவரம் சிவப்பாகவும், நகர்புறம் நீலமாகவும், தண்ணீர் கருப்பாகவோ அல்லது கருநீலமாகவோ தென்படும்.

ஒரு தொலை உணர்வின் பகுப்புத் திறனை பலவிதங்களில் குறிப்பிடலாம். ஒரு காட்சியில் உள்ள மிகச் சிறிய பகுதியை, சாதாரணமாக மீட்டர் அளவில் குறிப்பதை பகுப்புத்திறன் என்று கூறுகின்றனர். உதாரணமாக, 900 கி.மீ. உயரத்தில் உள்ள ஒரு கோளால் தரைமட்டத்தில் 20 மீ. அளவுள்ள பொருளைப் ‘பார்க்கவோ’ அல்லது அது பற்றிய விவரங்களைப் பதிவு செய்யவோ இயலும். இதனை இடம் சார்ந்த பகுப்புத் திறன்

என்று கூறலாம். இரண்டாவதாக, ஒரு உணர்வியின் வெப்பப் பகுப்புத் திறன், இரு பொருள்களின் வெப்பநிலையில் உள்ள வேறுபாட்டை மிகக் குறைந்த அளவில் கண்டுபிடிக்கும் ஆற்றல் என்று கருதுகின்றனர். மூன்றாவதாக, ஒரு பொருளின் மிகக் குறைந்த ஆற்றலைக் கண்டுகொள்வதை ஆற்றல் பகுப்புத்திறன் என்று கூறுகின்றனர். உணர்விகளால் ஒரு பொருளின் பிரதிபலிப்பை 256 நிலைகளில் பதிவு செய்ய இயலும்; நமது கண்களோ ஒரு நிறத்தின் 16 வேறுபாடுகளைத்தான் காண இயலும்.

உணர்விகளை உருவாக்கும்பொழுது, ஒவ்வொரு பொருளும் மைக்ரோ அலைகளிலும், தமது ஆற்றலை வெளியிடுவதாகக் கண்டறிந்தனர். ஆனால் அதற்கு மிக நுட்பமான உணர்விகள் தேவை. மைக்ரோ அலைவரிசைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டிய அவசியம் என்ன என்று சிலர் கேட்கலாம். ஏனெனில், இந்த அலவரிசையில் வெளியேறும் கதிர்வீச்சைப் பதிவுசெய்ய, கதிரவனின் வெப்பமோ அல்லது தக்க வானிலையோ தேவை யில்லை. தரைமட்டத்திலிருந்து இயற்கையாகவே வரும் மைக்ரோ அலைகளை பதிவு செய்யும் உணர்விகளும் உள்ளன. இத்தகைய உணர்விகள் நிலத்தின் வெப்பநிலை, நிலத்தின் ஈரம், பனிக்கட்டி, கடலின் நிலை, கடல்நீர்மட்ட வெப்பநிலை போன்றவற்றை அறிய உதவும். இதற்கு மாறாக, மைக்ரோ அலைகளைச் செலுத்தும் உணர்விகளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றைப் 'படம்பிடிக்கும் ரேடார்' என்றும் கூறுகின்றனர். வெப்பப் பிரதேசங்களில் மேகத் தொடர்கள் இதர உணர்விக் கோளின் படங்களை சீர்குலையச் செய்துவிடுகின்றன. ஆனால், ரேடார் அலைகள் மேகங்களையோ அல்லது அடர்த்தியான தாவரத்தையோ ஊடுருவிச் சென்று படம் பிடிக்கின்றன.

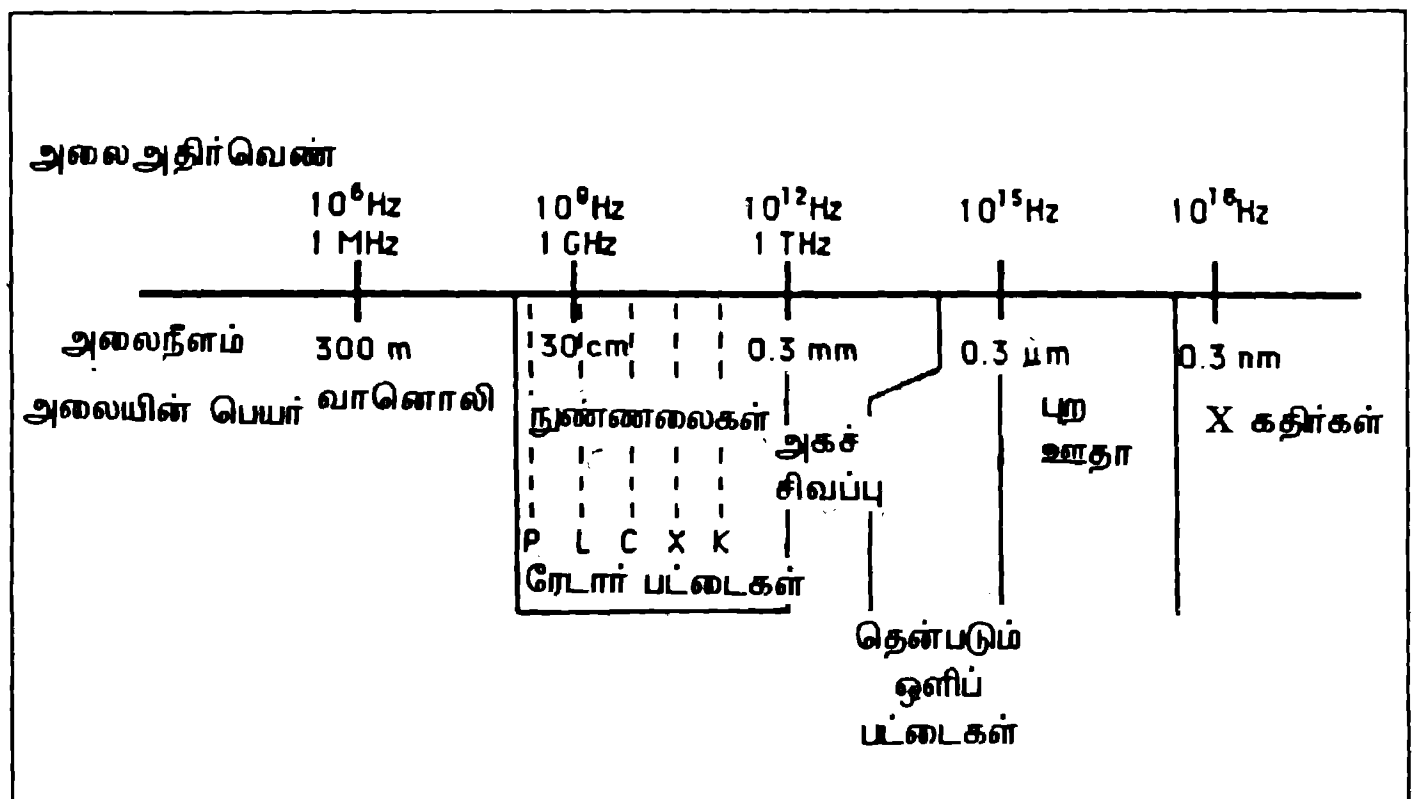
ரேடார் பதிவுப்படங்கள்

மின்காந்த அலைவரிசையில் ரேடார் அலைகள், மைக்ரோ அலைகள் இருக்கும் (அகச்சிவப்பு மற்றும் கண்ணிற்குப் புலனாகும் அலைகளுக்கும் வானொலிக்கும் இடையே உள்ள) பகுதியில் உள்ளன (படம் 34). நிலத்திலிருந்து திருப்பப்படும் மைக்ரோ அலைகளைக் கண்டுபிடித்து, அவற்றை அளந்து, அவை தோன்றும் இடங்களையும் ரேடார் குறிப்பிடும். நிலம், ஈரமான தரை, தண்ணீர், பனிக்கட்டி, தாவரம், நகர்புறம் போன்றவை ரேடார் அலை வரிசைகளில் வெவ்வேறு செறிவுகளில் உள்ள படங்களாகத்

தென்படுகின்றன.

ரேடார் தனக்குத் தேவையான 'ஒளியைத்' தானே தருகின்றது; அதற்குக் கதிரவனின் தயவு வேண்டாம்! ஆகவே, பதிவுப் படங்களை இரவு, பகல் என்று பாராமல் எப்பொழுது வேண்டு மானாலும் எடுக்கலாம். பொதுவாக மேகங்களால் சூழப்பட்ட வெப்பப் பிரதேசங்களில் பதிவுப் படங்களை எடுக்க ரேடார் மிகவும் உதவும். ஒரு பொருளின் சொரசொரப்பையும், மின் அலைகள் ஊடுருவும் தன்மையையும் ரேடார் கண்டுபிடிப்பதில் திறமை வாய்ந்தது. ஆகவே, பல துறைகளில் ரேடார் பயன்படுகின்றது. கடல்சார்ந்த பயன் பாடுகளிலும், நிலத்தின் ஈரத்தை அறியவும், புவியியல் சார்ந்த ஆய்வுகளிலும் பயன்படும். மேலும், ரேடார் உணர்விகளை எளிதாகக் கட்டுப்படுத்த முடியும். அவற்றின்அலை அதிர்வு எண்ணையும் அலைநீளத்தையும் மாற்றி, நுகர்வோரின் தேவைக்கு ஏற்ப அமைக்கலாம்.

பதிவுப்படங்களை எடுக்கும் ரேடார் பல அலைநீளங்களில் இயங்கும். அலைவரிசைப் பட்டைகள் (ஆங்கில எழுத்துகளில்) குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன; 68 செ.மீ. (P): 24 செ.மீ. (L); 5.7 செ.மீ. (C); 3.2 செ.மீ (X); 1 செ.மீ. (K). கனடாவின் ரேடார் கோள், C அலைப் பட்டையிலும், ஜப்பானின் கோள் ஒன்று L அலைப்பட்டையிலும் இயங்குகின்றன. அலைவரிசைகளைத் தேவைக்கேற்ப தேர்ந்து எடுப்பார்கள். L அலைப்பட்டை காடுகளையும், நிலப்பயன்பாடு களையும் விவரமாக ஆராய உதவும். C பட்டை கடல்சார்ந்த

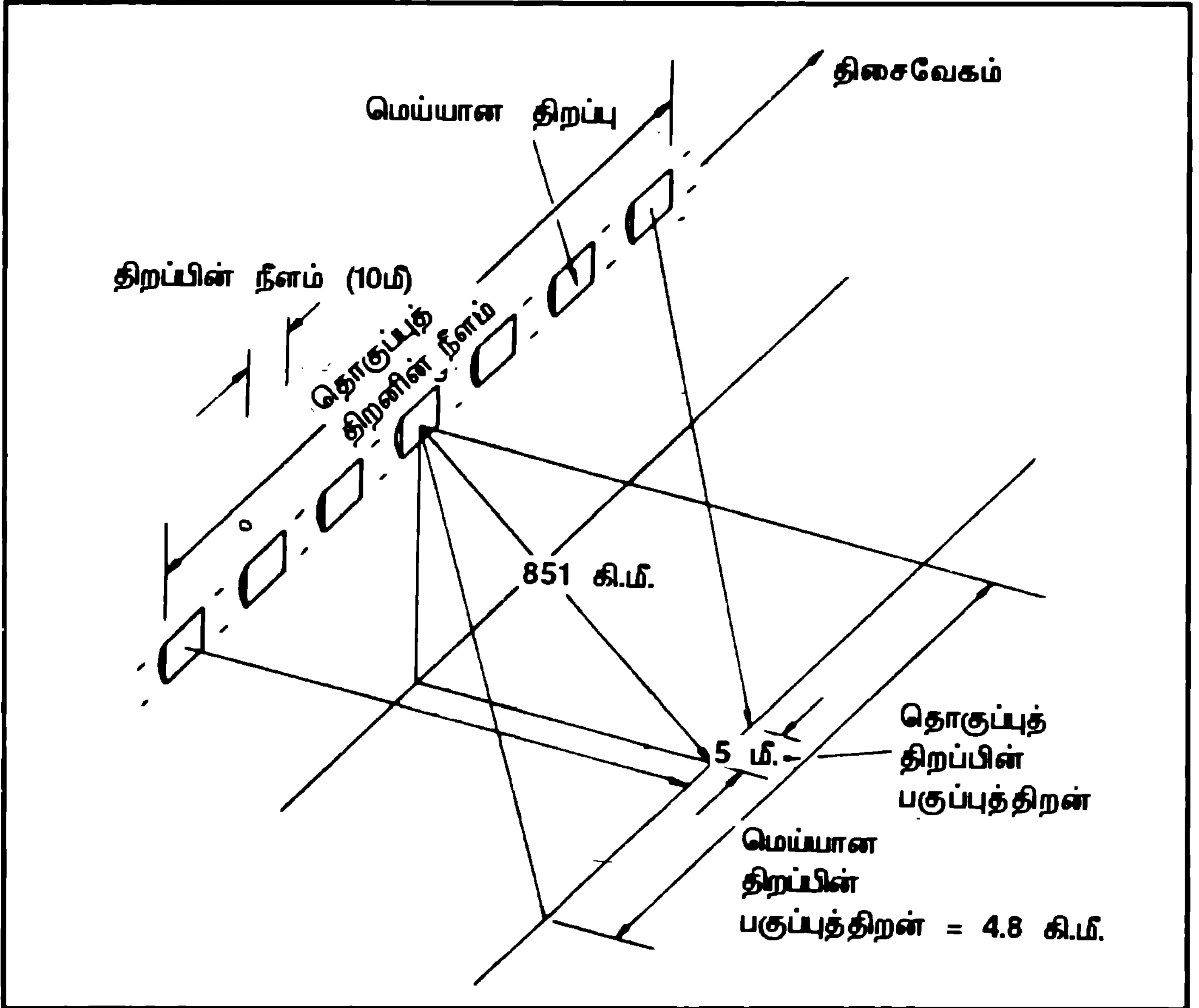


படம் 34. மின்காந்த நிறமாலையில் ரேடார் அலைப்பட்டைகள்.

ஆய்வுகளுக்கு உகந்தது; நிலத்திலும் பயன்படுத்தலாம்.

வானிலை எப்படி இருப்பினும் பயன்படுத்தப்படும் ரேடார், மேகங்களாலும் இலேசான பனியாலும் பதிவுப் படங்கள் சரிவர பெற முடியாத இடங்களில் பயனாகும். மேலும், கண்ணிற்குப் புலனாகும் அலைகளையும், அகச்சிவப்பு அலைகளையும் சேர்த்துப் பதிவுப் படங்களை உருவாக்கலாம். ரேடார் பதிவுப்படங்கள் குறிக்கும் இடங்களையும், இதர விவரங்களையும் விளக்குவது கடந்த சில ஆண்டுகளாக வளர்ந்துவரும் ஒரு ஆய்வுத்துறை.

சாதாரணமாக, உயர்ந்த ரக படங்களை ரேடார் அலைகளால் தர இயலாது. இடம்சார்ந்த பகுப்புத்திறன் அதிகம் தேவை என்றால், ரேடார் அலைகளைக் குறைவான அகலமுள்ள ஒளிக் கற்றாகச்



படம் 35. தொகுப்புத்திறன் உள்ள ரேடாரின் நெறிமுறை. ஒரு அலை பரப்பியின் திறப்பு (ஐரோப்பிய இ.ஆர்.எஸ் 1 என்ற கோளில் உள்ளதுபோல) 10 மீ. நீளமுடையதாக இருப்பினும், அதன் 'தொகுப்புத்திறப்பின் மெய்யிலி நீளத்தை 800 மீட்டராக அதிகரித்து, அதன் பகுப்புத் திறனை 4.8 கிலோமீட்டரிலிருந்து ஐந்தே மீட்டராக உயர்த்தலாம்.

செலுத்த வேண்டும். அதற்குப் பெரிய அலைபரப்பிகள் கோளில் பொருத்தப்பட வேண்டும். இதனால் கோளின் எடையும், பரிமாணமும், வடிவும் வேறுபடும். ஆகவே, ரேடார் அலைகளை வேறு ஒரு முறையில் செலுத்துகின்றனர். அதன்படி, ரேடாரின் நீளத்தில் மாறுதல் இல்லை; ஆனால் அதன் 'மெய்யிலி நீளம்' அதிகரிக்கின்றது. உதாரணமாக, ஒரு அலைபரப்பியின் திறப்பு 10 மீட்டராக இருந்தால், அதன் மெய்யிலி நீளத்தை 800 மீட்டர்போல இயக்குகின்றனர். மெய்யிலி நீளம் ரேடார் தரையிலிருந்து செல்லும் தொலைவைப் பொருத்து அமைகிறது. அலைபெருக்கியின் திறப்பைத் தொகுப்புத் திறப்பு என்றும் அழைக்கின்றனர். இதனால், சாதாரணமாக ஒரு ரேடார் 4.8 கி.மீ. அளவில்தான் காட்சிகளைப் பதிவு செய்ய இயன்றால், தொகுப்புத் திறப்பால் ஐந்தே மீட்டர் அளவில் காட்சிகளைத் தெளிவாகக் காட்ட இயலும். (படம் 35)

நம்மை வேகமாகக் கடந்துசெல்லும் ரயில் வண்டியின் ஊதல் ஒலி குறைந்துகொண்டே போவதுபோல, நிலத்திலிருந்து எதிரொலிக்கும் ரேடார் அலைவரிசை, கோளிடம் சேரும்பொழுது பரவுவதால், கணிப்பொறிகளின் உதவியால், அந்த அலைகளின் உண்மையான வடிவத்தைக் கணிக்கின்றனர். இத்தகைய தொகுப்புத் திறப்புடைய ரேடார் பல மடங்கு நீளமான ரேடார் போல இயங்கி, அதன் படங்களின் தெளிவை அதிகரிக்கின்றன. ரேடாரில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கோள்வடிவ வில்லை, சாதாரண காமிரா வில்லைகளைப் போலன்றி, ரேடார் இலக்கைவிட்டு நகர்ந்து செல்லச் செல்ல, படத்தின் தெளிவை அதிகரிக்கும் திறனைப் பெற்றுள்ளன.

16

இதுவா நம் நாடு?

தொலை உணர்வுக் கோள்கள் இந்தியாவைப் படம்பிடித்துக் காட்டத் துவங்கியது முதல், நம் நாட்டின் இயற்கை வளங்களின் நிலை பற்றிய கவலை அதிகரித்துள்ளது. பெருகி வரும் மக்கட் தொகையின் தேவைகளை நிறைவேற்ற, இயற்கைச் செல்வங்கள் பல வேகமாக அழிக்கப்பட்டு வருகின்றன. இவற்றைத் தெளிவாகக் காட்டும் தொலை உணர்வுக் கோள்கள், 'இதுவா நம் நாடு'? என்று கேட்கும் அளவிற்கு, இயற்கை வளத்தின் சீரழிவை பல வர்ணங்களில் காட்டி மனதை உருக்குகின்றன. காந்தி அடிகள் கூறியது போல் இயற்கை ஒவ்வொருவரின் தேவைக்குப் போதுமான வளத்தை அளிக்கின்றது; ஆனால் எல்லோருடையப் பேராசையை அது நிறைவேற்ற முடியாது. இதைத் தொலை உணர்வுக் கோள்கள் அறிவுறுத்துகின்றன.

விண்வெளிப் பயணத்தின் நோக்கம் மண்ணிற்குத் திரும்பி நாட்டைக் காப்பதே என்பதுபோல், இந்திய விஞ்ஞானிகள் இத்துறையில் அதிக ஆர்வம் காட்டிவந்துள்ளனர். துவக்கத்தில் விமானத்திலிருந்தும், ஹெலிகாப்டரிலிருந்தும், புகைப்படங்களை எடுத்துப் பரிசோதனைகளை செய்தனர். இவற்றால் ஊக்கிவிடப் பட்டு, இந்தியாவின் இரண்டாவது கோளையே தொலை உணர்வுக்காக அமைத்தனர். பாஸ்கரா என்று அமைக்கப்பட்ட இக்கோள் 1979இல் ரஷ்யாவின் 'இண்டர்காஸ்மோஸ்' என்ற ஏவுகணையால் ஏவப்பட்டது. இக்கோளின் சுற்றுப்பாதை 512x572கி.மீ. என்ற அளவில் வட்டவடிவை எட்டியது. சுழன்று கொண்டே நிலைப்பை எய்திய கோளின் சுழலும் அச்சு, சுற்றுப்பாதையின் சமதளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைந்தது.

1981இல் பாஸ்கரா–II ரஷ்யாவிலிருந்து செலுத்தப்பட்டது. அதன் தொலைக்காட்சி காமிராக்கள் கண்பார்வையில் உள்ள

சில அலைவரிசைகளிலும் (0.55—0.65 மை.மீ), அண்மை அகச் சிவப்பு அலை வரிசையிலும் (0.8மைமீ) படங்களைப் பதிவு செய்தன. ஒவ்வொரு படமும் 341x341 கி.மீ. பரப்பளவைக் குறிப்பிட்டது. அப்படங்களின் இடம்சார்ந்த பகுப்புத் திறன் ஒரு கிலோமீட்டராக இருந்தது. தரைமட்டத்தின் வெப்பத்தைப் பதிவு செய்ய, கோளில் நிலத்திலிருந்து இயற்கையாக வரும் மைக்ரோ அலைகளைப் பதிவு செய்யும் கருவியும் பொருத்தப்பட்டது.

பாஸ்கரா அனுப்பிய விவரங்கள் நிலசார்பான பயன்பாடு களிலும், கடல் மற்றும் வானிலை பற்றிய ஆய்வுகளுக்கும் உதவின. விவசாய நிலம், வெப்ப மண்டல ஈர இலையுதிர் காடுகள், இமயத்தின் உலர்ந்த வெப்பக் காடுகள், உறைபனி போன்ற காட்சிகளை அடையாளம் காண உதவும் வர்ணக் குறிகளை நிர்ண யித்தனர். பதிவான படங்களைச் சீர்படுத்தி எளிதாகப் பார்க்கும் படி செய்தனர். அதற்கான தொழில் நுட்பங்களைப் பயின்றனர்.

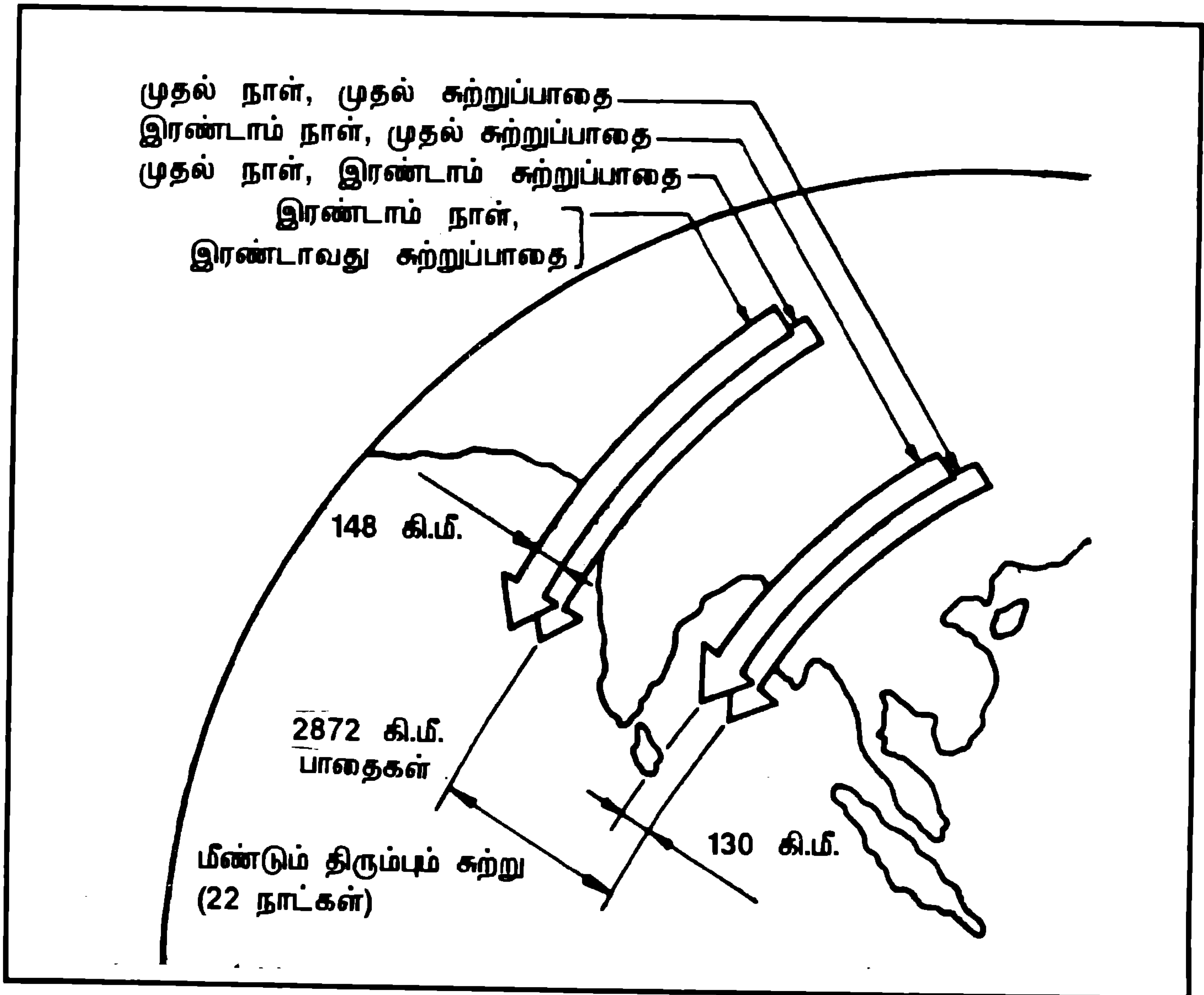
பாஸ்கரா–Iஇன் தொலைக்காட்சி காமிரா ஐந்து மாதங்கள் ஒரு தொழிற்நுட்பக் கோளாறு காரணமாய் இயங்கவில்லை. ஆனால் காமிராவை மீண்டும் இயக்க இயன்றது. 1981இல் அக்கோளின் பயணம் முடியும்வரை காமிரா சரிவர இயங்கியது. அதன் பயனை பாஸ்கரா–IIஇல் காண முடிந்தது. அதன் மைக்ரோ அலை ஈர்க்கும் கருவியில் 31 கிகா ஹெர்ட்ஸ் என்ற அளவில் மற்றொரு அலை வரிசையை சேர்த்துக் கொண்டனர். முதற்கோளில் 19, 21 கிகா ஹெர்ட்ஸ் என்ற அலைவரிசைகளே இருந்தன. இதனால், தண்ணீரையும், காற்றுவெளியில் உள்ள நீராவியையும் துல்லியமாகப் பிரித்து அறிந்துகொள்ள முடிந்தது. முதல் இரண்டு மாதங்கள் தொலைக்காட்சிக் காமிரா செயல்பட்டபொழுது, ஆயிரத்திற்கும் மேலாகப் பதிவுப் படங்கள் எடுக்கப்பட்டன. அவை நிலத்தின் தாவரத்தையும், உறைபனிப்படலத்தையும் காட்டின. வறட்சி நிலை கண்காணிப்பு, புவியியல், வனயியல் போன்ற துறைகளில் உதவும்படி படங்கள் எடுக்கப்பட்டன. மேற்கு வங்காளம், பீகார் மாநிலங்களில் நிலப்பயன்பாடுகளை அறிய முயன்றனர். கங்கை பாயும் செழிப்பான சமவெளிகளின் நிலையைக் கண்டனர். தாவர வரைபடங்களைப் பல பிரதேசங்களுக்குப் பயன்படுமாறு தயாரித்தனர். பனிமூடிய பாகீரதி–அலக்நந்தா நதிகளின் போக்கை வரைந்தனர். இமயத்தின் பனிப் போர்வையை ஆராய்ந்தனர்.

எஸ்.எல்.வி–3 ஏவுகணையின் இரண்டாவது விண்ணோட் டத்தில், ஒரு சிறப்பான காமிரா பொருத்தப்பட்டது. மேகங்கள் தோன்றும்பொழுது, தானாகவே தன்னை மூடிக்கொள்ளும்

திறனைப் பெற்ற அக்கருவியை 'அறிவுள்ள காமிரா' என்று அழைத்தனர்! சில நாட்களே அக்காமிரா இயங்கியது; இருப்பினும், சுமார் 2500 பதிவுப் படங்களைப் பிடித்தது. நாம் பார்க்கும் அலை வரிசையிலும், அகச்சிவப்பிலும் தண்ணீர், தாவரம், மேகங்கள், பனி போன்றவற்றை அடையாளம் காணும்படி படங்கள் அமைந்தன. நில அடையாளங்களைக் கொண்டு கோள் செல்லும் பாதை திருத்தப்பட்டது.

கதிரவனுடன் இணைந்து

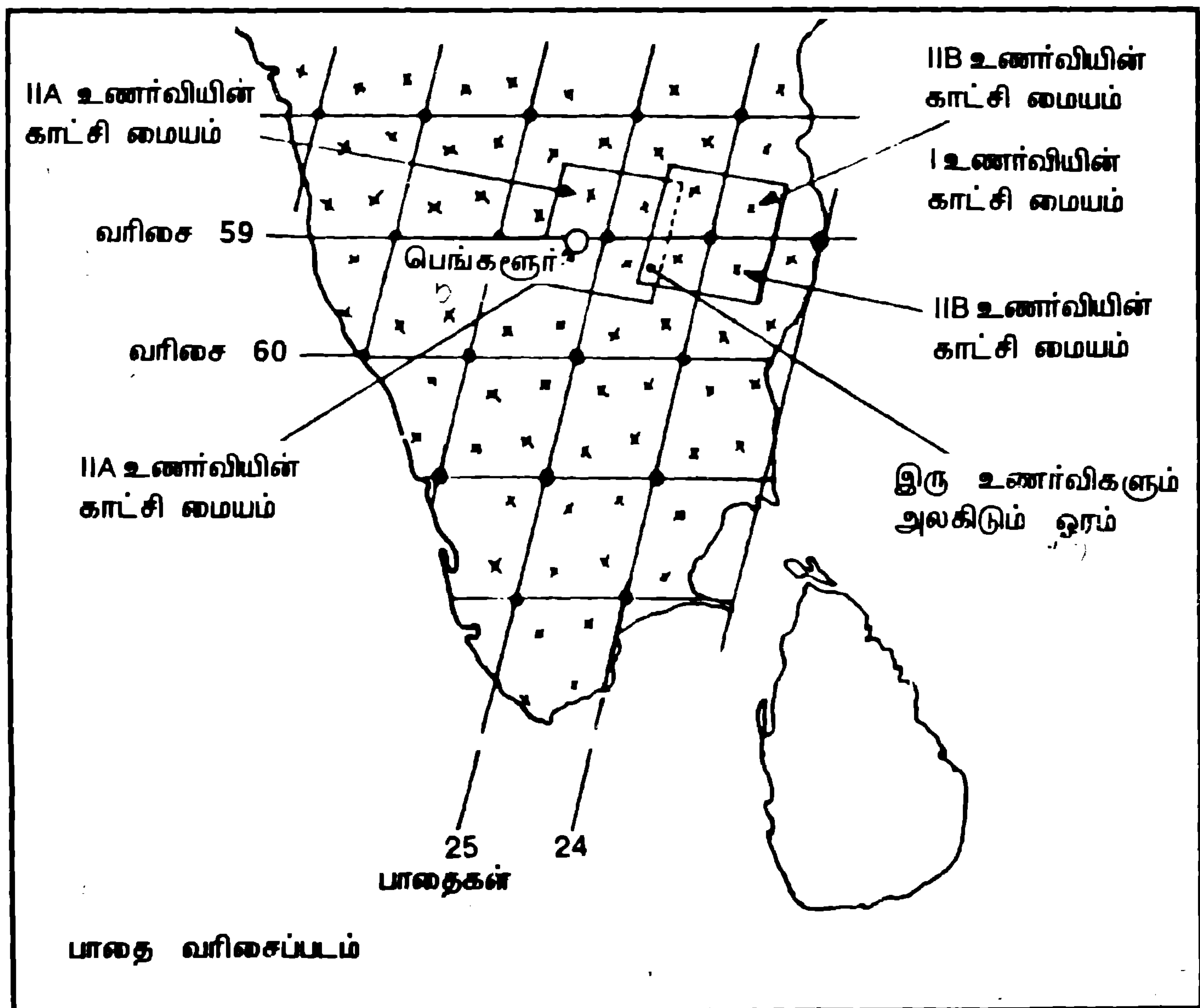
தொலை உணர்வுத் தகவல்களை பயன்படுத்துவோருக்கு உதவும், அத்துறையின் பணிகளை ஒருங்கிணைக்கவும் தேசிய தொலை உணர்வு ஏஜென்சி என்ற ஒரு நிறுவனத்தை இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனம் ஹைதராபாத் நகரில் அமைத்தது. இயற்கை வளத்தைக் கண்காணிக்க ஒரு புதிய கோள்வரிசையைத் துவங்கினர்.



படம் 36. இந்தியத் தொலை உணர்வுக்கோள் (ஐ.ஆர்.எஸ். 1A) 22 நாட்களுக்கொருமுறை நாடு முழுவதையும் பதிவுப்படமாக எடுத்தது.

1988 மார்ச்17ம் தேதி ரஷ்யாவின் ஏவுகணையைக் கொண்டு அந்நாட்டிலிருந்து இந்தியாவின் ஐ.ஆர்.எஸ்.-IA (IRS-IA) என்ற தொலை உணர்வுக் கோளைச் செலுத்தினர். கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றிய இக்கோள் 904 கி.மீ. உயரத்தில் செலுத்தப்பட்டது. இந்தியத் துணைக்கண்டம் முழுவதையும் ஒருமுறை காண, கோளிற்கு 22 நாட்களில் 307 சுற்றுப்பாதைகள் தேவைப்பட்டன (படம் 36). 1991இல் செலுத்தப்பட்ட ஐ.ஆர்.எஸ்-1B எதிர்பார்த்ததற்கு மேலாக, பத்து ஆண்டுகள் செயல்பட்டது.

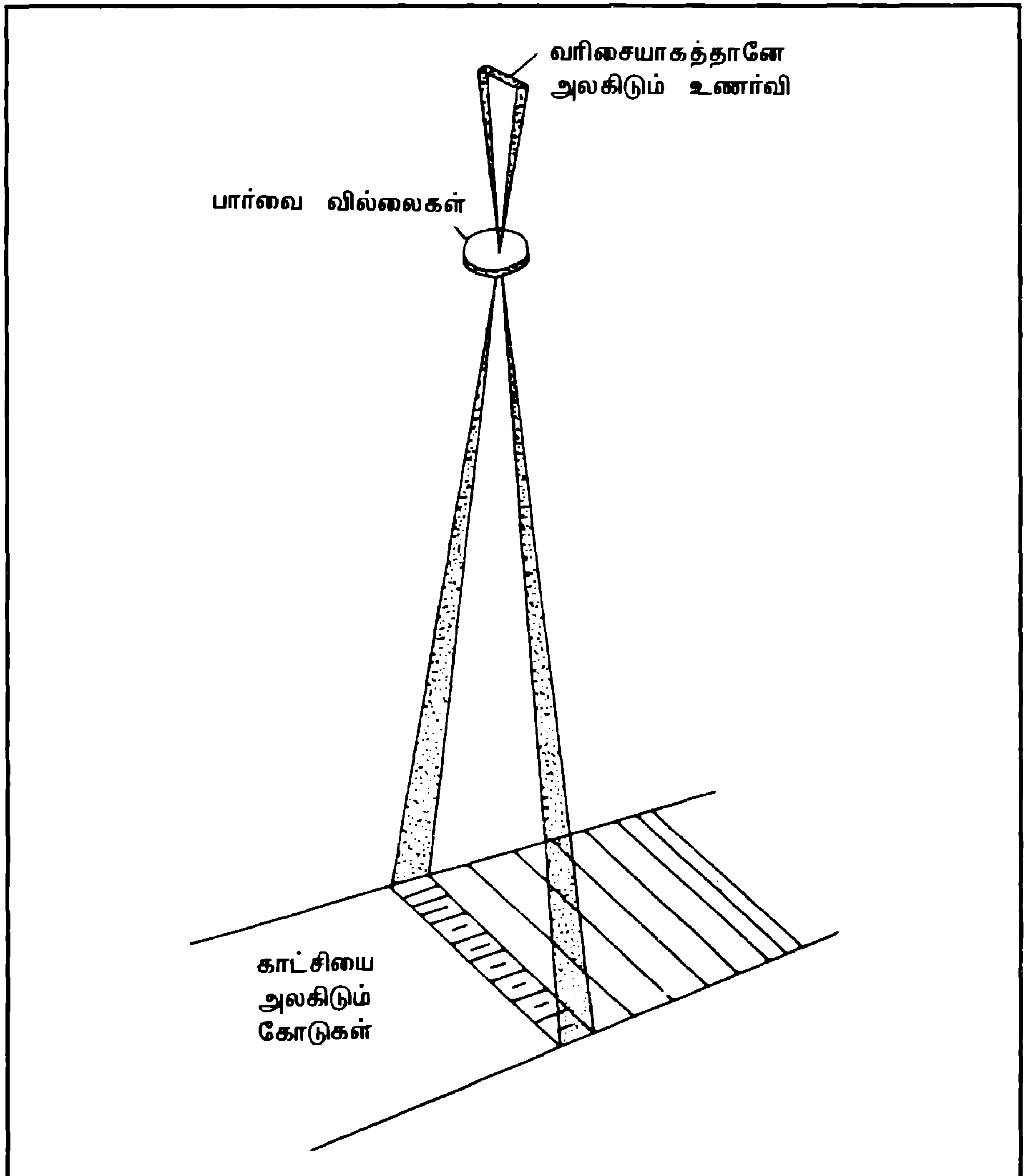
பதிவுப் படங்களை எளிதில் அடையாளம் கண்டுகொள்ள உதவும் வகையில், இந்தியத் துணைக்கண்டத்தை பாதைகளாலும், வரிசைகளாலும் குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். பாதைகளுக்கு கிழக்கிலிருந்து மேற்காகத் தொடர்வரிசையில் எண்கள் தரப்பட்டுள்ளன. ஒட்டுமொத்தமாக 307 பாதைகள் (சுற்றுப்பாதைகளுக்கு சமமாக) உள்ளன. அதேபோல, வரிசைகளுக்கு வடக்கிலிருந்து தெற்காக எண்கள் தொடர்ந்து தரப்பட்டுள்ளன. பாதைகளும் வரிசைகளும்



படம் 37. தொலை உணர்வுக்கோள் எடுக்கும் காட்சியின் பாதையும், வரிசையும் அதன் அடையாளங்களாக அமைகின்றன.

சேரும் புள்ளியைக் கொண்டு வேண்டிய படத்தை எளிதில் குறிப்பிடலாம். (படம் 37)

படங்களைப் பதிய வைக்க ஒரு புதிய முறை கையாளப் பட்டது. இதன்படி தாமே அலகிடும் உணர்விகள் கோள் செல்லும் விசையால் உந்தப்பட்டு, தமக்குக்கீழே தென்படும் காட்சிகளை ஒரு புதிய முறையில் பதிவுசெய்கின்றன. (படம் 38) இதற்காக அந்த உணர்விகள் ஒவ்வொன்றிலும் 2048 மின்னேற்ற ஒளி உணர்விகள்

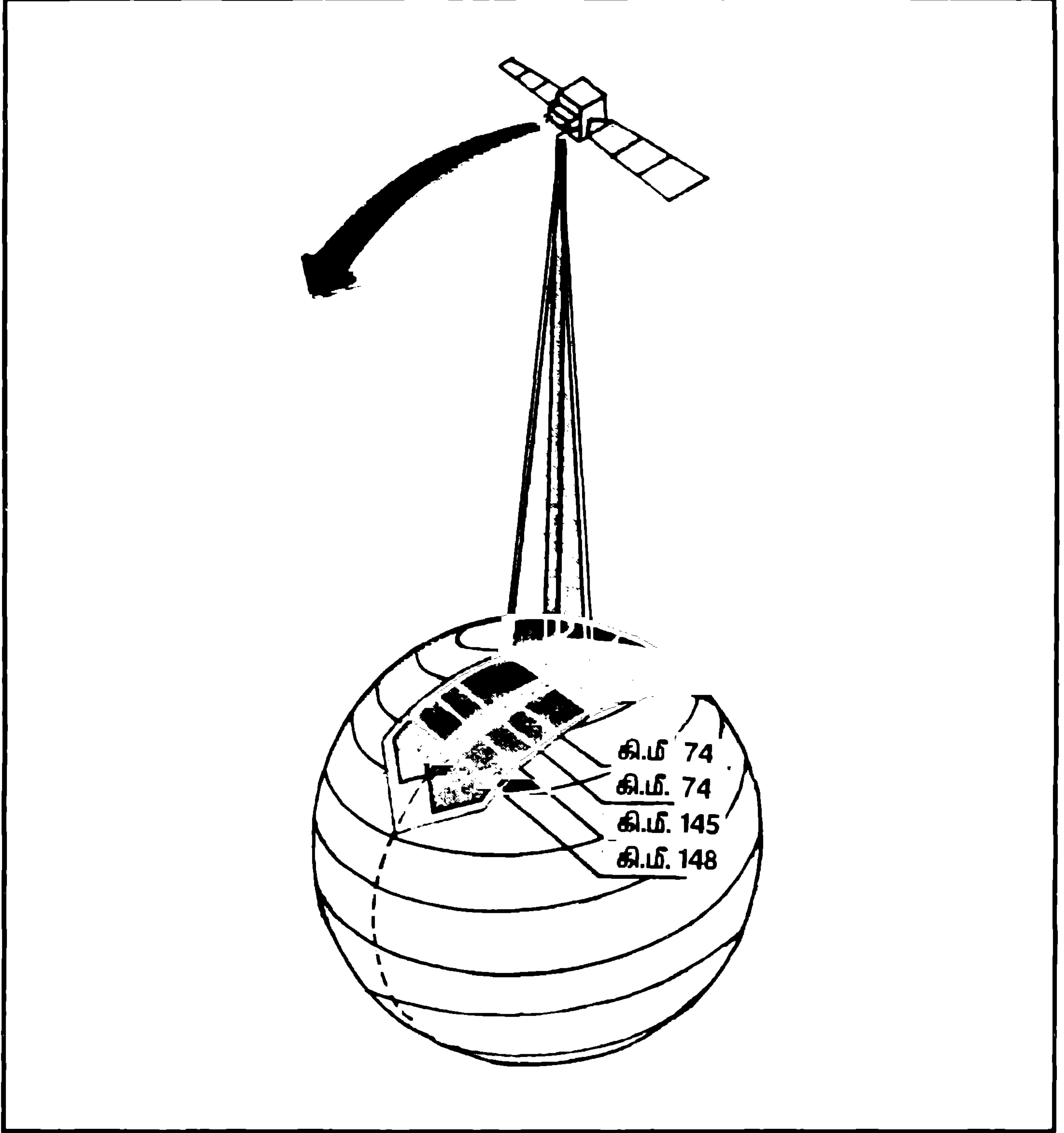


படம் 38. கோளின் படப் பதிவுசெய்யும் உணர்விகள் நிலத்தில் அவை நோக்கும் பாதையை வரிசை வரிசையாக அலகிட்டுக் கொண்டே நகர்ந்து செல்கின்றன.

பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றும் நிலத்தில் 72.5மீ. பரப்பளவின் ஒளிவீச்சைப் பதிவு செய்யும். அவை படமாக்கும் காட்சியின் ஒளியை, அதன் வலுவுக்கேற்ப மின்னணுக் களாக மாற்றி, அவற்றைச் சார்ந்த மின்னேற்றத்திற்கு ஏற்றபடி படத்தைத் தெளிவாகப் பதிவு செய்யும். இம்முறையில் ஒரு காட்சியின் ஒளிவீச்சு (அகச்சிவப்பு அலையும்) முழுவதும் அனேகமாகப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. சாதாரண காமிராவால் வரும் ஒளியில் இரு விழுக்காட்டைத்தான் பதிவு செய்ய இயலும். அமெரிக்க லாண்சாட் (Landsat) கோள்களில் கூட இத்தகைய உணர்விகள் இருக்கவில்லை; அவற்றில் ஊசலாடும் கண்ணாடி ஒன்று ஒளியைப் படம் பதிவு செய்ய உதவியது. இந்தியக் கோளின் உணர்விகள் உந்துத் துடப்பத்தைபோல தள்ளப்பட்டு, அவை செல்லும் வழியிலேயே படங்களை ஒரு கோட்டிற்குப் பின் மற்றொரு கோடாகப் பதிவு செய்கின்றன. இரு உணர்விகள் ஒரு புதிய முறையில் பொருத்தப்பட்டு ஒவ்வொன்றும் நிலத்தில் 74 கி.மீ. அகலமுள்ள வழியை அலகிடுகின்றது. ஆனால் ஒவ்வொரு மின்னேற்ற ஒளி உணர்வியும் 36.25 மீட்டர் பரப்பளவைப் பதிவு செய்யும் பகுப்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளது. இரு உணர்விகளும் ஒட்டு மொத்தமாக 148 கி.மீ. அகலப்பாதையைப் பதிவு செய்கின்றன. அதில் மூன்று கி.மீ. அகலத்திற்கு மட்டும் இரு உணர்விகளும் சேர்ந்து படத்தைப் பதிவு செய்கின்றன. (படம் 39)

இந்தியாவின் சூழ்நிலைக்கேற்ப கோளின் உணர்விகள் தேர்ந் தெடுக்கப்பட்டுள்ளன. கண்ணிற்குத் தெரியும் அலைவரிசைகளில் மூன்றும், அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் ஒன்றும் ஆக நான்கு விதமான அலைப்பட்டைகள் உள்ளன. முதல் அலைப்பட்டை (0.45—0.52 மை.மீ.) கடலோர சுற்றுப்புற சூழ்நிலை ஆய்வு, மண், தாவரம், இலையுதிர் காடுகள், ஊசிஇலை மரம் போன்றவற்றைக் காணவல்லது. இரண்டாம் அலைப் பட்டை (0.52—0.59மை.மீ.) தாவரத்தின் செழிப்பு, பாறை, மண் போன்றவற்றைக் கண்டு பிடிக்கவும், ஆழமில்லாத நீர் பகுதிகளில் சேறு கலந்த நீரின் தன்மையை அறியவும் உதவும். மூன்றாம் அலைப்பட்டை (0.62—0.68 மை.மீ.) தாவர இனங்களை அடையாளங் காணவும், நான்காம் அலைப்பட்டை (0.77—0.86 மை.மீ.) நீர்நிலை, நில அமைப்புகளில் வேறுபாடுகளைக் காணவும் பயன்படுகிறது.

உணர்விகளால் சேகரிக்கப்படும் தகவல்கள் மின்காந்த அலை களில் பதிவாகின்றன. அவற்றைக் கணிப்பொறிமூலம் எண்ணிலக்க முறையில் மாற்றி, அதற்கேற்ற மின் துகள்களை, மின் அலைகளென



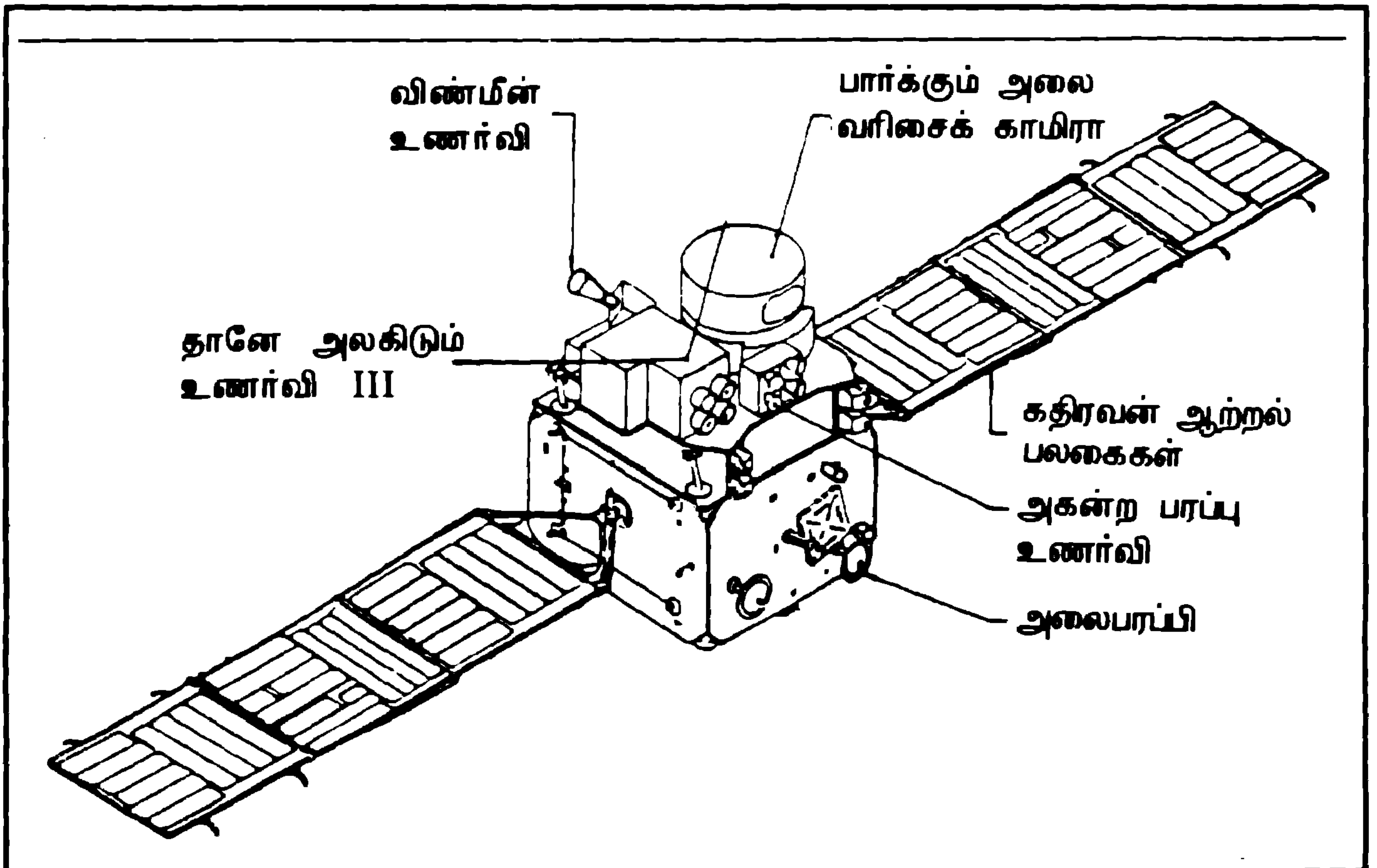
படம் 39. ஒரு குறிப்பிட்ட அலகிடப்படும் பாதை ஐ.ஆர்.எஸ் 1A கோளால் பதிவுசெய்யப்படும் முறை. ஒரு உணர்வி 148 கி.மீ. அகல முள்ள பாதையை அலகிடும்; மற்ற இரு உணர்விகள் ஒவ்வொன்றும் 74 கி.மீ. பாதையை அலகிடுகின்றன. இரு உணர்விகளும் சேர்ந்து அலகிடும் 3 கி.மீ. தவிர, 145 கி.மீ. அகலப் பாதையில் அதிகப்பகுப்புத் திறனுடன் காட்சிகளைப் பதிவு செய்ய இயலும்.

நில மையத்திற்கு அனுப்புகிறார்கள். தேசியத் தொலை உணர்வு ஏஜென்சி இத்தகவல்களைச் சீர்படுத்தி ஒளிநாடாக்களில் எண்ணிலக்க முறைப்படிப் பதிவு செய்கின்றது. குறிப்பிட்ட அலை வரிசையில் தென்படும் காட்சியின் சிறப்பை நோக்க வேண்டு மென்றால், அக்காட்சியை மட்டும் வேகமாகத் தேர்ந்து எடுத்துக் காண முடியும்.

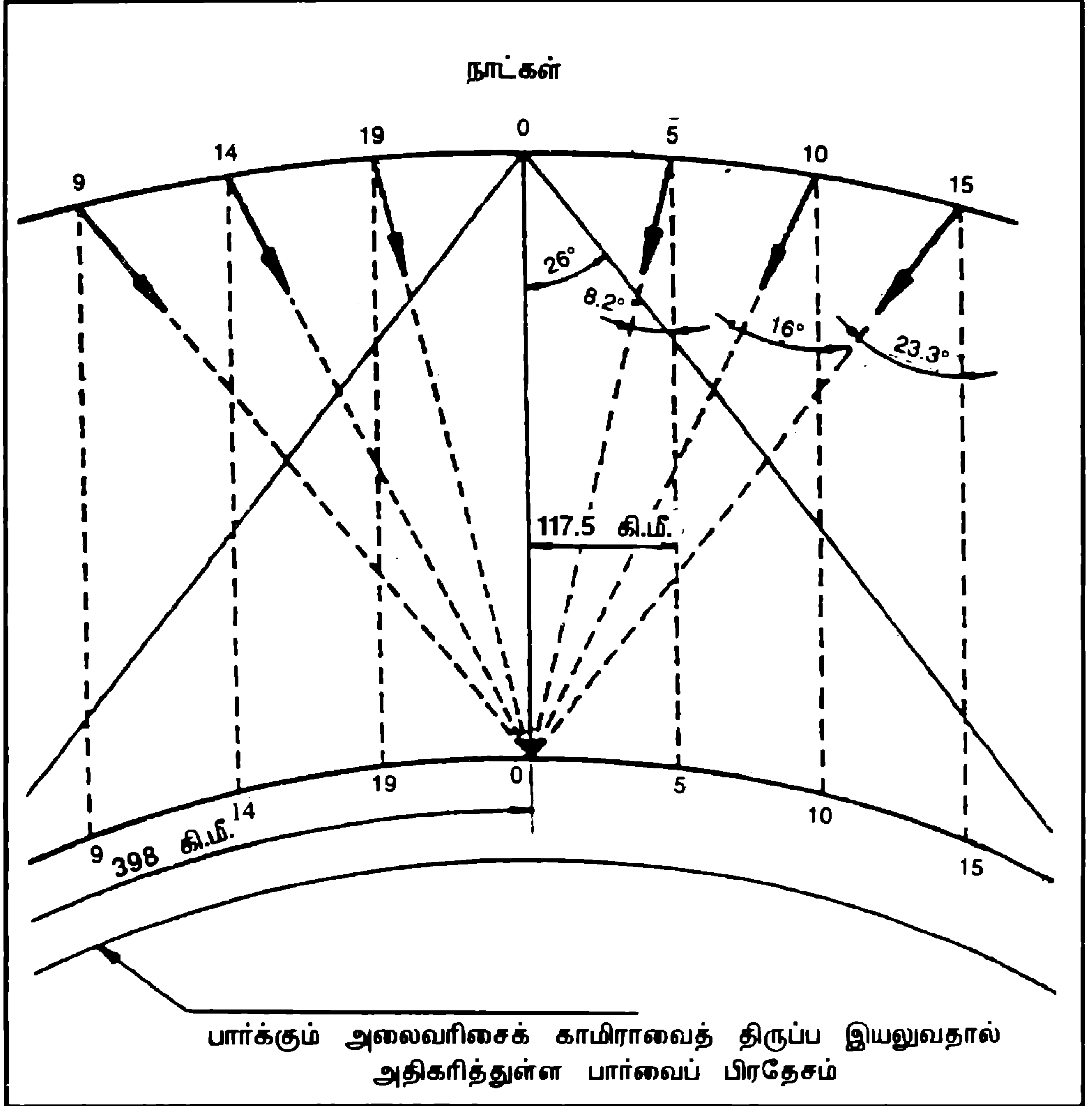
இரண்டாம் தலைமுறைக் கோள்

தொலை உணர்வுக் கோள்களில் இரண்டாம் தலைமுறையின் முதற்கோளில் ஐ.ஆர்.எஸ்–1C (IRS-IC) பல புதிய நுட்பங்களைச் சேர்த்தனர் (1995) (படம் 40). அதிகப் பகுப்புத்திறன் வாய்ந்த அதன் காமிரா ஒன்று, எல்லா நிறங்களையும் (0.5—0.75 மை.மீ) சேர்த்து கருப்பு வெள்ளை நிறங்களில் 10 மீட்டருக்கும் அதிக அளவுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காட்டும் திறனைப் பெற்றிருந்தது. மேலும், இந்தக் காமிராவை நிலத்தை நோக்கி ஒரு கோணத்தில் அசைக்க முடிந்ததால், முப்பருமப் படங்களை எடுக்க முடிந்தது. எல்லா நிற நுண்ணுணர்வுக் காமிராவை 70 மீ. அகலப்பாதையில் பக்கவாட்டாக 26° வரை திருப்பிப் பார்க்க முடிந்தது (படம் 41). இந்தக் காமிராவால் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை ஐந்து நாட்களுக்கு ஒரு முறை படம் பிடிக்கலாம். அதிகப் பகுப்புத் திறன்கொண்ட படங்கள் பல துறைகளில்—நிலப்படம் வரைவது முதல் மாவட்டத் திட்டம் அமைப்பதுவரை—பயன்படுகின்றன.

இக்கோளில் உள்ள இன்னொரு காமிராவில் இரண்டு பகுதிகள் உள்ளன; ஒன்று, கண்ணுக்குத் தென்படும் நிறங்களிலும், அண்மை அகச்சிவப்பு அலைவரிசையிலும் படம் எடுக்கும். மற்றொன்று, நடு அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் (1.55—1.7 மை.மீ.) படத்தைப் பதிவு செய்யும். இந்தக் காமிராவை இக்கோளில்தான்



படம் 40. ஐ.ஆர்.எஸ். 1C கோளின் தோற்றம்.



படம் 41. ஐ.ஆர்.எஸ் 1C கோளின் காமிரா ஒன்று 26° சாய்ந்து இயங்குவதால் 70 கி.மீ. அகலப்பாதையில் காட்சியை பதிவுச் செய்ய இயலுகிறது. இதனால் முப்பருமவடிவில் படங்களைக் காட்டவும், ஐந்து நாட்களுக்கு ஒருமுறை ஒரு இடத்தை மீண்டும் படம் பிடிக்கவும் இயலும்.

முதலாவதாகப் பொருத்தினர். இதைக்கொண்டு பயிர்களின் ஈரத்தை ஆராய்ந்து, அவற்றால் வரக்கூடிய விளைச்சலை முன் கூட்டியே மதிப்பிட இயலும்.

இக்கோள் அதிக வேகத்தில் தகவல்களைக் கையாளுகிறது; 40-80 மெகா 'பிட்'கள் (ஒரு மெகா பிட்டில் ஒருமில்லியன் பிட்கள் உள்ளன). கோளின் அடித்தளத்தில் அதனைக் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளும், மின் ஆற்றல் தரும் கலன்களும், தகவல்களையும் கட்டளைகளையும் கையாளும் கருவிகளும் உள்ளன. மூன்று காமிராக்களும், விண்மீன் உணர்வியும், புவி உணர்வியும், கோளின்

இதர பகுதிகளிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டு, அவற்றின் வெப்பத்திலிருந்து பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன.

தரைமட்டத்தில் 142 கி.மீ. அகலப்பாதையில் பல நிறங் களிலும், அகச்சிவப்பிலும் பதிவு செய்யும் காமிராவின் பகுப்புத்திறன் 23.5 மீட்டராகவும், நடு அகச்சிவப்புக் காமிராவின் பகுப்புத்திறன் 70.5மீ ஆகவும் உள்ளது. இந்த அளவுகள் நம் நாட்டின் பல்வேறு பயிர்கள் சாகுபடியாகும் விவசாய நிலங்களின் சராசரி பரப்பிற்கு ஏற்றதாய் அமைந்துள்ளன.

அகன்ற சமவெளிகளை நோக்கும் உணர்வி ஒன்றும் கோளில் உள்ளது. அது 774 கி.மீ. அகலமுள்ள பாதையைப் படம்பிடித்துக் காட்டும். அதன் பகுப்புத் திறன் 189 மீ அளவில் குறைந்து உள்ளது. பயிர்களின் நிலையையும், வேளாண்மைப் போக்கையும் அறிவிக்கும் தாவரக் குறிப்பு ஒன்றை அமைக்க இந்த உணர்வி விவரங்களை அறிவிக்கின்றது. இதற்காக இந்த உணர்வி மற்றொரு காமிராவில் உள்ளதுபோல், சிவப்பு, அண்மை அகச்சிவப்பு என இரண்டு அலைப்பட்டைகளில் காணும் விவரங்களைப் பதிவு செய்கின்றது.

கோளின் மூன்று காமிராக்களும், கோள் செல்லும் விசையால் உந்தப்படுவதால், உந்தப்படும் துடப்பம்போல செயல்பட்டு, தொடர்ந்து படப்பதிவு செய்கின்றன. அதற்கு முன் செலுத்தப்பட்ட கோள்களைவிட அதிகத் துல்லியம் வாய்ந்த இக்கோள், படம் பிடிக்கும் இடங்களைச் சரிவர சுட்டிக் காட்டியது. இதற்கு முன் செலுத்தப்பட்ட கோள், தனது காட்சிகளை 0.3° அளவிற்குத் தெளிவாகக் காட்டியது; ஆனால் ஐ.ஆர்.எஸ்–1Cயின் காட்சிகளை 0.15° அளவிற்குக் காண முடிந்தது. மேலும், கோளின் தானாகவே மெல்ல மெல்ல நகர்ந்து விடும் போக்கும் வெகுவாகக் குறைந்து விட்டது. கோளை நிலைப் படுத்த அதன் மூன்று அச்சுகளிலும் சமநிலைப்படுத்தும் சக்கரங்களும், கோளின் சாய்வைக் கட்டுப் படுத்த சுழல்நோக்கியும், கதிரவன், புவி உணர்விகளும் ஒரு விண்மீன் உணர்வியும் பொருத்தப்பட்டன. புவி உணர்விகளில் பிழைதிருத்தும் மின்னணுப் பகுதிகளும், சுற்றுப்பாதையை சீர்படுத்த நுண்செயல் முறையாக்கியும் வைக்கப்பட்டிருந்தன. விண்மீன்களைக் கொண்டு கோள் செல்லும் திசையைத் துல்லியமாக நிர்ணயிப்பதால், சுற்றுப்பாதை 0.02° அளவில்தான் குறைந்தோ, அதிகரித்தோ இருக்கும் என்று கண்டனர். விண்மீன்களை கண்டு இயங்காத ஒரு கோளின் சுற்றுப்பாதையின் துல்லியம் 0.1° ஆகக் குறைந்து விடுவதையும் கண்டனர்.

1996இல் செலுத்தப்பட்ட மற்றொரு கோள் ஐ.ஆர்.எஸ்–P3

(IRS–P3) எதிர்பார்க்கப்பட்ட மூன்று ஆண்டுகளுக்கும் மேலாகவே செயல் பட்டது. இரு தொலை உணர்விகளும், ஒரு X கதிர்களைக் கண்டு பிடிக்கும் கருவியும் இக்கோளில் இடம்பெற்றன. ஒரு உணர்வி ஜெர்மானியர் தயாரித்து இந்தியக் கோளில் செலுத்திய தாகும். இன்னொன்று ஐ.ஆர்.எஸ்–1Cஇல் இருந்ததைவிட சற்று அதிகத் திறனுடைய அகன்ற பரப்பை நோக்கும் உணர்வி; 810 கி.மீ. அகலமுள்ள பிரதேசத்தை அலகிட்டது. அகச்சிவப்பு அலை வரிசையில் ஒரு புதிய பகுதியின்மூலம் நோக்கும் திறன் படைத்தது: அப்பகுதியில் அதனைச் சிற்றலை வரிசை (1.55—1.7 மை.மீ.) என்றும் அழைத்தனர். இவற்றைப் பயன்படுத்துவதின்மூலம் வளரும் பயிரின் ஈரத்தைக் கண்டுகொள்ளலாம். பனியையும், முகிலையும் பிரித்து அறியலாம். வெள்ளத்தால் நீடிக்கும் இழப்பை மதிப்பிடவும் இயலும்.

அடுத்தத் தொலை உணர்வுக்கோள், ஐ.ஆர்.எஸ்–ID IRS ID (1997) எதிர்பாராவிதமாக தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதையில் சென்றதால், அதை வெற்றிகரமாகச் செயல்படும் என்று பலர் நினைக்கவில்லை. ஆனால், விஞ்ஞானிகள் சுற்றுப்பாதையின் குறையைச் சரி படுத்தியபின், கோள் மிக நன்றாக இயங்கியது. முதல் ஆண்டிலேயே ஒரு லட்சம் படங்களை சேகரித்தது. ஒவ்வொரு நாளும் 10 முதல் 14 முறை அதன் காமிராக்கள் இயங்கின. இந்தியா மட்டுமன்றி, ஜெர்மனி, அமெரிக்கா, ஜப்பான், கொரியா, தாய்லாந்து ஆகிய பல நாடுகளும் இக்கோள் சேகரித்தப் பதிவுப் படங்களைப் பெற்றன.

கடற்கோள்

கடலின் வளத்தையும், போக்கையும் ஆராய்ந்து அறிய, அதற் கென்றே ஒரு தொலை உணர்வுக்கோளை இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் 1999இல் இந்திய ஏவுகணையைக் கொண்டு ஸ்ரீஹரி கோட்டாவிலிருந்து செலுத்தியது. இதைக் கடற்கோள் என்று அழைத்தனர் (படம் 42). கடல்நிறக் கண்காணிப்புக் கருவி, பல அதிர்வெண் மைக்ரோ அலைவரிசைகளை இயக்கும் கருவி, மின்னணுக் காமிரா, ஆகியவை கோளில் உள்ளன. எட்டு குறுகிய அலைவரிசைகளில் பதிவுப்படம் கிடைக்கின்றது. பல நிறங்களிலும், அண்மை அகச் சிவப்பிலும் உணர்விகள் இயங்குகின்றன. கடலின் உயிரினங்களுக்கு அடிப்படையான மிதக்கும் தாவரத்தையும் ஒளிச் சேர்க்கைக்கு உதவும் தாவரப் பொருளினால் தோன்றும் கடலின் நிறவேறுபாடுகளையும், நாம் பார்க்கும் நிறங்களிலும், அண்மை

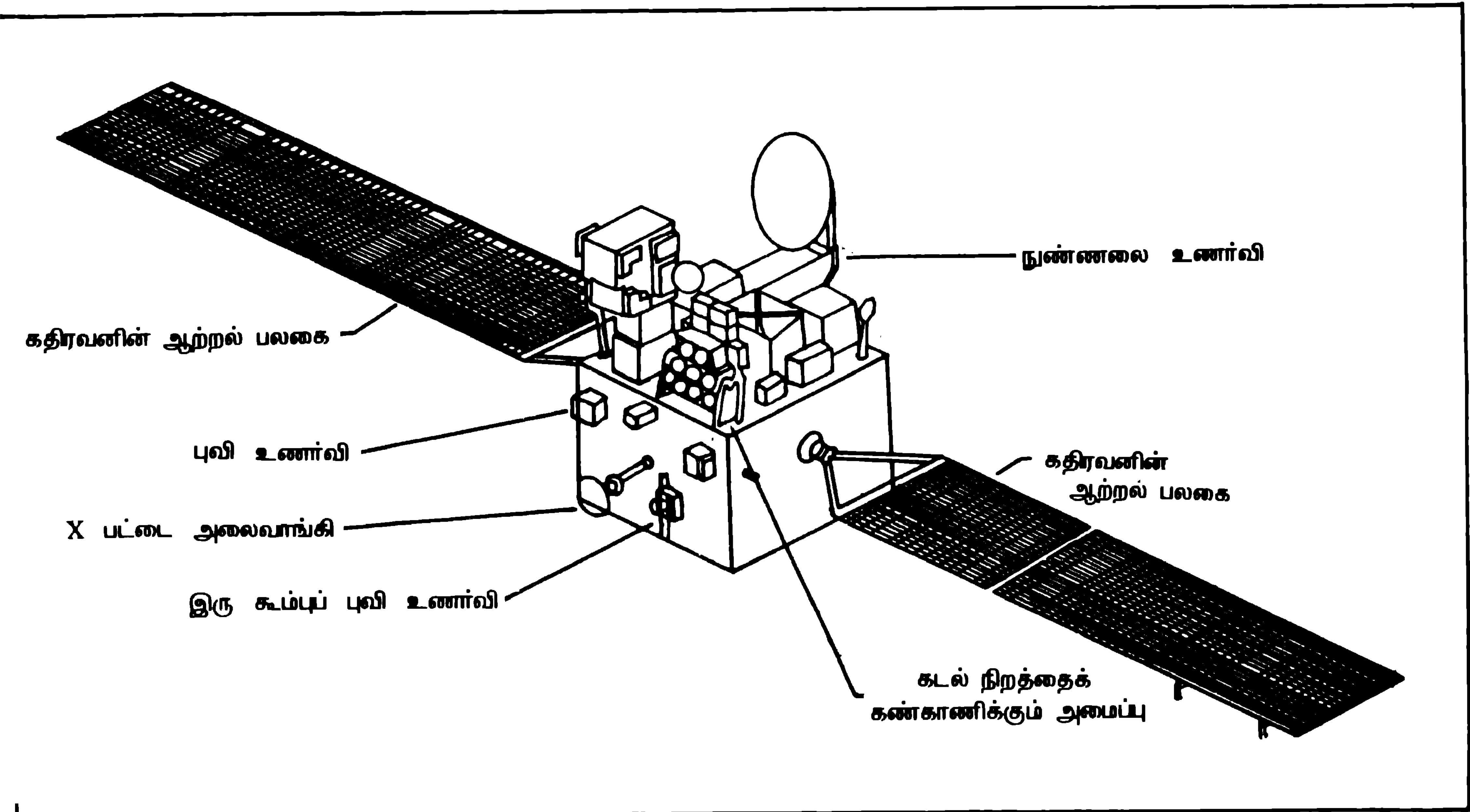
அகச்சிவப்பு அலைவரிசையிலும், கோள் பதிவு செய்கின்றது. கோளின் உணர்வியை 20° மேலும் கீழுமாக நகர்த்தி கதிரவனின் கதிர்கள் நேராகப்படுவதைத் தவிர்க்கலாம். கடல் நிறமானி 1,420 கி.மீ. அகன்ற பாதையைப் பதிவு செய்யலாம். இது தரும் தகவல் கடற்கரைத் தண்ணீரில் உள்ள மீன்வளத்தை அறியவும், ஆழ்ந்த கடலின் மீன்வளத்தை ஆராயவும், கடற்கரைக்கு ஏற்படும் மாறுதல் களைக் காணவும், வண்டல் போக்கையும், கடல் மாசு அடைந்த நிலையையும் அறியவும், பவழத் தொடர்களைக் கண்காணிக்கவும் உதவும். கோள்தரும் விவரங்கள் நிலப்பயன்பாடுகளில் தோன்றும் (உதாரணமாக, நீர் தங்காமல் வடிந்துவிடுவது போன்ற) விளைவுகளை மதிப்பிட உதவும்.

நான்கு மைக்ரோ அலைவரிசைகளில் செயல்படும் கருவி, முகில்களைத் துளைத்துப் படத்தைப் பதிவு செய்யும். இது சேகரிக்கும் விவரம் கடல்மட்டக் காற்றுகளையும், கடல்மட்ட வெப்பத்தையும், முகிலில் உள்ள நீரின் அளவையும், கடலுக்கு மேலே உள்ள காற்று வெளியில் பரவியுள்ள நீராவியையும் நிலக் காற்றுகளையும் ஆராய உதவும். இதன் விவரம் சேகரிக்கும் இடத்தின் அகலம் 1380 கி.மீ.

கடற்கோள் 720 கி.மீ. உயரத்தில் சென்று, ஒரே இடத்தை இரு நாளுக்கொரு முறை நோக்குகின்றது. மேலும், கோளின் 'பார்வை' படும் இடங்களை ஒரே கோணத்தில் பதிவு செய்ய முடியும்.

நிலப்படங்களை போதிய அளவிற்குத் துல்லியமாக வரையக் கோள் ஒன்றை இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் தயாரித்து வருகிறது. இயற்கை வளங்களைப் பல அலைவரிசைகளில் தொலைஉணர்வுக் கோள்மூலம் தொடர்ந்து கண்காணிக்க சிறப்பான கோள் ஒன்றையும் அமைக்கவுள்ளனர். அதன் காமிரா பல பயிர்கள் சாகுபடியாகும் இடங்களில் அவற்றைத் தனித்தனியாகக் காட்டும்.

நிலவரை படங்களுக்கென அமைக்கப்படும் கோள், கார்டோ சாட்–1 (CARTOSAT), 2.5 மீ. அளவில் காட்சிகளைக் காட்ட உதவும். இந்த அளவில் பண்ணைகளில் உள்ள வைக்கோல் குவியல்கள் கூடத் தென்படும். மாவட்ட அளவில் இயற்கை வளங்களை விவரமாக அறிந்து திட்டம் அமைக்க இக்கோள் உதவும். கருப்பு வெள்ளை நிறங்களில், நாம் பார்க்கும் அலைவரிசைகளில் எடுக்கப்பட்ட விவரங்களை கோளின் காமிரா அளிக்கும்; 1:50 000 என்ற அளவில் நிலப்படத்தை வரைந்து காட்ட இயலும். மேடு பள்ளங்களைக் குறிக்கும்படி முப்பரும அளவிலும் நிலத்தின் நிலையை அறிய விவரம் கிடைக்கும்.



படம் 42. இந்தியக் கடற்கோள் (ஐ.ஆர்.எஸ் P4). மிக நவீன தொழிற் நுட்பங்களைக் கொண்டுள்ளது. இக்கோள் கடலின் நிலையைக் கண்காணிக்கவும், கடலோரப் பகுதிகளை ஆராயவும் உதவும்.

ஐ.ஆர்.எஸ்–P7 என்ற கோள் 2003க்குப் பிறகு செலுத்தப்பட உள்ளது. புவியின் காற்றுவெளியின் நிலை, வானிலை, கடல்களின் வெப்ப நிலை போன்ற கடல்சார்ந்த விவரங்களை அக்கோள் கண்காணிக்கும்.

பல்வேறு பயன்பாடுகள்

தொலை உணர்வுக் கோள்களால் நாட்டின் இயற்கை வளங்களைக் கண்காணித்து, அவற்றின் சீரழிவைத் தடுக்கத் திட்டங்கள் நல்ல பயனை அளித்துள்ளன. இத்துறையில் முழு வெற்றி அடைய நாடெங்கும் பெருமளவிற்கு மீட்புப் பணிகளும், ஆராய்ச்சிகளும் தொடர்ந்து நடைபெற வேண்டும்.

முதன்முறையாக, அறுவடைக்கு முன்பே பயிர்களின் விளைச்சலை மதிப்பிட இயன்றுள்ளது. நெல், கோதுமை, சோளம், பருத்தி, கடுகு, நிலக்கடலை ஆகிய பயிர்களின் பரப்பளவும், அறுவடைக்குப் பின் உணவு உற்பத்தியின் மதிப்பீடுகளும், கோள்தரும் விவரங்களைக் கொண்டு முன்கூட்டியே அறிவிக்கப் படுகின்றன. விளைச்சல் குறைவாகவோ அதிகமாகவோ இருக்கும் என்று அறிந்தால் அதற்கேற்ப நடவடிக்கைகளை உரிய காலத்தில் எடுக்கலாம்.

இன்னொரு அடிப்படை ஆய்வும் கோள் தரும் விவரத்தால் நடைபெற்றுள்ளது. நாட்டில் சாகுபடிக்கேற்ற நிலம் குறுகி வருகின்றது. ஆனால் எல்லா நிலங்களையும் உதவாதது என்று உதறித் தள்ளிவிடுவது சரியல்ல. ஆகவே, வீண்போகும் நிலங்களைக் கோள் படம்பிடித்துக் காட்டியுள்ளது. நாட்டில் அநேகமாக எல்லா மாவட்டங்களிலும் உள்ள வீண்போகும், ஆனால் பயன்படக்கூடிய நிலங்களை அறிவிக்கும் விவரங்களைக் கோள்கள் குறிப் பிட்டுள்ளன.

நிலப்பயன்பாடு எப்படி நடைபெறுகிறது என்பதை 1:250 000 என்ற அளவில் கோள்கள் கண்டுள்ளன. ஆண்டிற்கு ஆண்டு இடம் மாறிச் சாகுபடி செய்யப்படும் இடங்களை 1: 50 000 என்ற அளவில் குறிப்பிட்டுள்ளன. நில நீரழிவைக் கட்டுப்படுத்தவும், வீணாக உள்ள நிலத்தை மீட்கவும், பல மாநிலங்களில் உப்புக் கலந்த மண் உள்ள இடங்களை சீர்படுத்தவும் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

மேற்கு, வடகிழக்கு இமயத்திலும், தென்னிந்தியாவில் மேற்குத் தொடர் காட்டுப்பகுதியிலும் வாழும் உயிரினங்களையும், அவை

அங்குள்ள இயற்கை சூழ்நிலையோடு ஒன்றிணைந்துள்ள நிலையையும் காட்டும் நிலப்படங்கள் விவரமாக வரையப்படுகின்றன.

நாட்டின் காட்டுவளத்தின் மதிப்பீடுகள் கோள்கள் பயன்படுவதற்குமுன் பெரிய அளவில் வேறுபட்டன. காடுகள் வளர்கின்றதா அல்லது தேய்கின்றதா என்று திட்டவட்டமாகக் கூற இயலவில்லை. ஆனால் இன்று அந்த நிலை இல்லை. இரண்டு ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை காட்டுவளப்படங்கள் கோள்கள் தரும் விவரங்களின்படி திருத்தப்படுகின்றன. காடுகளின் வளர்ச்சி பல இடங்களில் போதிய அளவு தென்படுகின்றது; இருப்பினும் வேறு பல இடங்களில் காடுகள் வெட்டப்படுகின்றன. காட்டுத் தீ பரவும் பொழுதும், அவற்றைக் கண்காணிக்கக் கோள்கள் உதவியுள்ளன.

நீர்ப்பாசனத்திற்கான தண்ணீர்த் தேக்கங்களுக்கு தண்ணீர் வரும் பிரதேசத்தில் காடுகள் அழிக்கப்படுவதால், நிலச்சரிவு ஏற்பட்டு, நீருடன் மண் குவிந்து பாசனவசதியைக் குறைக்கின்றது. அணைக்கட்டுகளால் தடுக்கப்படும் நீர்நிலைக்கடியில் சேறும் மண்ணும் பெருகிவருகிறது. இந்தப் பிரச்சினையை ஆராய ஆந்திரா, அஸ்ஸாம், மகாராஷ்டிரா, ராஜஸ்தான், மேற்குவங்காளம் போன்ற பல மாநிலங்களில் கோள்மூலம் ஆய்வு நடத்தியுள்ளனர். மேலும், நிலச்சரிவு தோன்றியுள்ள இடங்களைக் கண்காணிக்கவும் இமாசலப் பிரதேசம், உத்திரப்பிரதேசம், உத்தராஞ்சல் ஆகிய மாநிலங்களில் திட்டங்கள் உள்ளன. இதைத் தவிர, பல மாநிலங்களில் நிலத்திற்கடியே உள்ள நீர்வளத்தைக் குறிக்கும் பணியை மேற்கொண்டுள்ளனர். இவை நீர்ஊற்றுக்களை மீண்டும் புதுப்பிக்க வகைசெய்ய உதவும். கர்நாடகாவில் ஏரிகளில் தூர்வாரும் பணியும் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

இமயத்தில் சில பகுதிகளின் பனிப்போர்வையை மதிப்பிட்டு, கோடையில் அவை உருகுவதால் பாயும் நீரை மதிப்பிடும் பணி சுமார் ஐந்து ஆண்டுகளுக்கு முன் துவங்கியது. சட்லஜ் நதியிலிருந்து பாக்ரா அணைக்கு வரும் தண்ணிர் எவ்வளவு கன அடி இருக்குமென்பதை மதிப்பிட்டு முன்கூட்டியே அறிவிக்கின்றனர். இதனால் பாசன வசதித் திட்டங்கள் திறமையாகப் பயன்படுகின்றன. மேலும் ஐந்து ஆண்டுகளுக்கு இந்தத் திட்டம் நீடிக்கப்பட்டுள்ளது.

பெரிய நதிகளின் வெள்ளப்போக்கையும் வரைபடம்மூலம் கண்காணிக்கக் கோளின் பதிவுப்படங்கள் உதவுகின்றன. வெள்ளம் வந்த சில நாட்களில், எங்கு புதிதாக நீர் புகுந்துள்ளது என்றும், எங்கு நீர் விரைவில் வடிந்துவிடும் என்றும் கோளின் பதிவுப் படங்களைக் கொண்டு குறிப்பிடுகிறார்கள்.

குடி தண்ணீர் கிடைக்கும் இடங்களைத் தேட மந்திரவாதி களையும், கம்பு எறிந்துகாட்டும் 'வல்லுநர்களையும்' ஒதுக்கி, கோள்மூலம் 95 விழுக்காடு வெற்றி கண்டுள்ளதை கிராம மக்களும் அறியத் தொடங்கிவிட்டனர். பல கிராம மக்கள் கோளை நாடும் ஆளைத் தேடும் பணியில் இறங்கிவிட்டனர். இருப்பினும், ஆயிரக் கணக்கான கிராமங்களில் குடிதண்ணிர் வசதி இன்னமும் இல்லாமல் இருப்பது வருந்தத் தக்கது.

கடலோரக் காடுகள் மேம்பாட்டின் பெயரால் மீன் பண்ணைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. இக்காடுகளை மீண்டும் நட முடியாது. அவை புயலைத் தடுத்து மீன்வளத்தையும் அதிகரிக் கின்றன. அவை பெருமளவு வெட்டப்பட்டுள்ள ஒரிசாவில் 1999இல் வீசிய சூறாவளிப்புயல் தாக்கியபொழுது, இயற்கையின் தடுப்பு இன்றி, பெரும் இழப்பு நேரிட்டது.

கடலில் மீன்வள அதிகமுள்ள இடங்களைக் காட்டும் விவரங்களைக் கோள்மூலம் பெற்று, மீனவர்களுக்கு அளிக்கத் துவங்கியுள்ளனர். இதற்கு இந்திய கடற்கோள் பெரிதும் உதவும்.

சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலையை சீர்படுத்தவும், மாசுக்கட்டுப் பாட்டை அமுலாக்கவும், தாவரங்களை அழிக்கும் பூச்சிகளின் தாக்குதலை சமாளிக்கவும் கோள்கள் உதவுகின்றன. போதைப் பொருள் உற்பத்தியாகும் தாவரங்களையும் கோள்கள் அறிவித் துள்ளன. ரஷ்யாவில் (செர்நோபால் என்ற இடத்தில்) நிகழ்ந்த மிகப் பெரிய அணுமின்நிலைய வெடிப்பை முதன்முதலாக (பிரெஞ்ச்) தொலைஉணர்வுக்கோள்தான் கண்டு உலகிற்கு அறிவித்தது. இந்தியத் தேசியத் தலைநகரான புதுதில்லியின் சுற்றுப் புறம் விரிவடைந்துவரும் போக்கையும், அடுத்துள்ள சாலை களையும், ஊர்களையும் சரிவரக்காண கோள்சார்ந்த விவரத்தைச் சேகரிக்கின்றனர்.

கங்கை, யமுனை, சரஸ்வதி என்ற சங்கமத்தில் சரஸ்வதி கண்ணிற்குப் புலனாகாது எனக் கூறுகிறார்கள். சரஸ்வதி நதி புராணத்தில் உள்ள கற்பனை அல்ல; அது சரித்திரப் புகழ்வாய்ந்த ஒரு நதியாக ஒரு காலத்தில் ஓடிக்கொண்டிருந்ததற்கு ஆதாரமாக, பாலைவனத்தின் கீழும், நிலத்திற்கு அடியிலும் இன்றும் காணப் படும் வற்றிய நீர் வழிகளை இந்தியக்கோள் கண்டுபிடித்துள்ளது. ராஜஸ்தான் பாலைவனத்தில் பல இடங்களைச் சோலைவனமாக்க ஒரு திட்டமும் உள்ளது.

மக்கள் பங்குகொள்ளும் திட்டங்கள்

இயற்கை வளங்களைக் காப்பதில் மக்களின் ஒத்துழைப்பு தேவை. வளங்கள் உள்ள இடங்களில் வாழும் மக்களின் தேவைகளுக்கேற்ப இயற்கை வளத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அதற்கு இயற்கை வளம் பற்றிய கோள்கூறும் விவரங்களுடன், சமூகப் பொருளாதார விவரங்களையும் சேர்த்து, எந்தத் திட்டத்தினால் யார் பயன் பெறுவார் என்று அறிந்து செயல்படுவதே உகந்தது. இதற்கு ஆதர வாகக் கணிப்பொறிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். உதாரணமாக, ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு கட்டிடமோ தொழிற்சாலையோ அமைந்தால், அது அங்குள்ள மக்களுக்கு எந்த அளவிற்குப் பயன் அளிக்குமென்பதைப் பல்வேறு கோணங்களில் பரிசீலனை செய்து உகந்த வழியைக் கணிப்பொறி காண்பிக்கும்.

தேசிய இயற்கைவளத் தகவல் முறை என்று ஒரு திட்டத்தை பல மாநிலங்களில் இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் துவங்கியுள்ளது. இதில் குறிப்பிட்ட மாவட்டங்களில் மேம்பாட்டு பணிகளை மக்களின் ஒத்துழைப்பாலும், அவர்களைக் கலந்து முடிவு செய்தும், மாநில அரசுகள் செய்துவருகின்றன. இதற்காக மாநிலங்களில் அவற்றின் மக்களுக்கேற்றவாறு மேம்பாட்டுத் திட்டம் வகுக்க இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் தனி மையங்களை அமைத்துள்ளது.

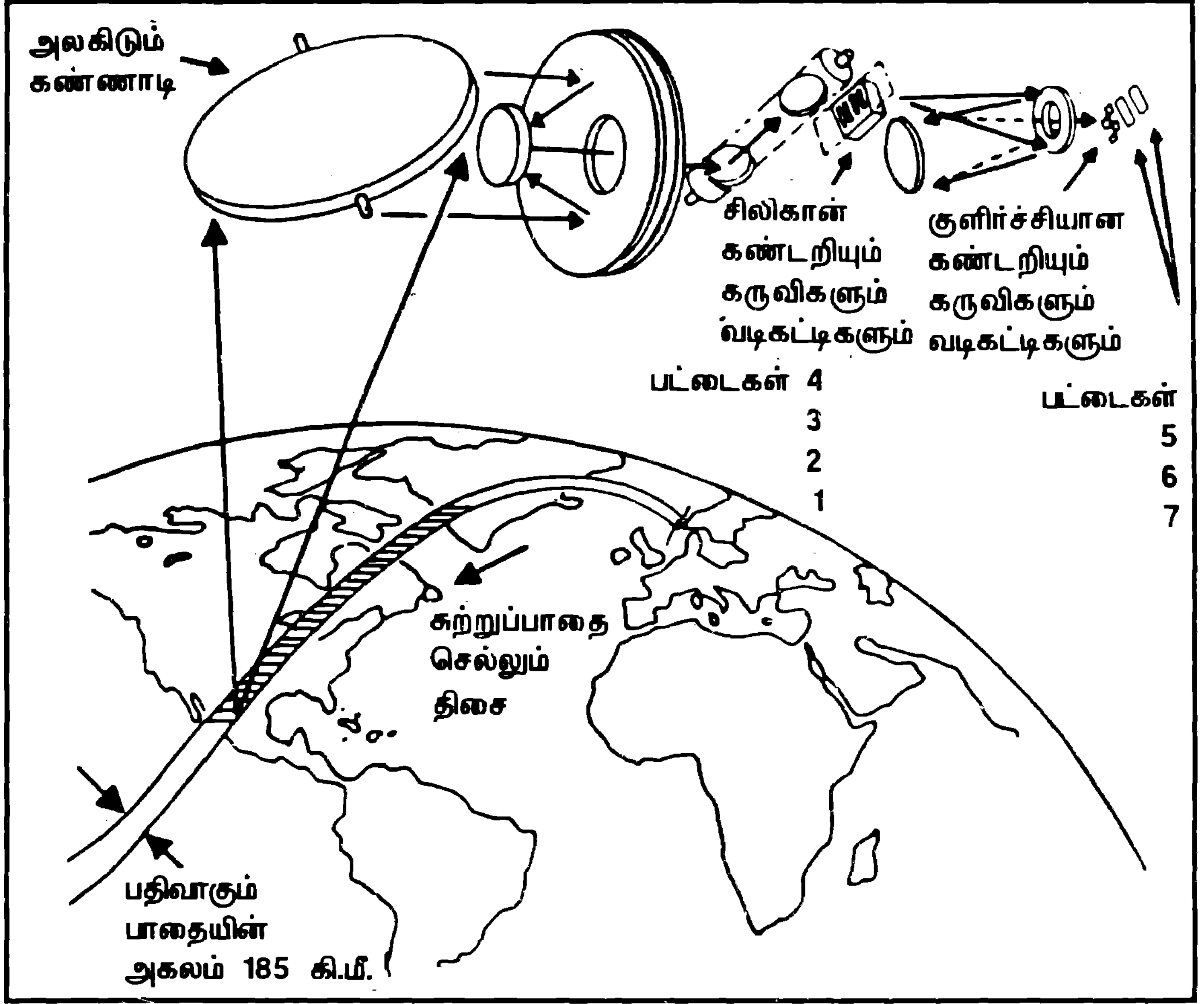
17

பல நாடுகளின் முயற்சி

உலகின் முதல் தொலை உணர்வுக் கோளை அமெரிக்கா செலுத்தியது. லாண்ட்சாட் (Landsat) என்ற பெயரில் பல கோள் களை 1972லிருந்து அந்நாடு செலுத்தியுள்ளது. லாண்ட்சாட்–2 (1975), லாண்ட்சாட்–3 (1978) கோள்கள் உலகில் அநேகமாக எல்லா நிலப் பரப்பையும் மீண்டும் மீண்டும் பற்பல அலைவரிசை களில் படம் பிடிக்கும் முறையை செயற்படுத்திக் காட்டின. 1982இல் லாண்ட்சாட்–4 துவங்கிய திட்டத்தில் இந்தியாவும் பங்கேற்றது. அக்கோள் புவியைச் சுற்றிவர 98.9 நிமிடங்கள் தேவைப்பட்டன. துருவப் பிரதேசங்களின் தொலைவான இடங்களைத் தவிர, உலகில் எல்லாப் பகுதிகளையும் அக்கோள் தனது படங்களில் பதிவு செய்ய இயன்றது. அடுத்த கோள், லாண்ட்சாட்–5 1984இல் முறையாக செயல்படத் துவங்கியது (படம் 43).

லாண்ட்சாட் இயங்கும் விதத்தைக் கூர்ந்து கவனித்தால் அதன் தொழிற்நுட்பத்தை சற்று புரிந்துகொள்ளலாம். முதல் மூன்று கோள்கள் 900கி.மீ. க்கும் மேல் துருவங்களைக் கடந்து சுற்றி வந்தன. அவற்றின் சுற்றுப்பாதை கதிரவனுடன் இணைந்து இருந்ததால், ஒவ்வொரு முறையும் அவை ஒரு இடத்தை (உதாரணமாக, நிலநடுக் கோட்டை) கடக்கும் பொழுது, அவ்விடத்தின் கடிகாரம் ஒரே காலத்தைக் காண்பித்தது. அக்கோள்கள் தொடர்ந்து மேற்கு நோக்கி நகர்ந்து, ஒரே இடத்தின் மேல் மீண்டும் வர, 18 நாட்கள் பிடித்தன. இரு கோள்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகச் செல்லும்பொழுது, ஆறு முதல் 12 நாட்களுக்கு ஒருமுறை ஒரே இடத்தின்மேல் ஏதாவது ஒரு கோள் சென்றது.

முதன் மூன்று கோள்கள் எடுத்துச் சென்ற பன்னிற அலகுக் கருவி, நான்கு மின்காந்த அலைவரிசைகளில் படங்களைப் பதிவு செய்தது. கோளினால் தெளிவாக எடுக்கப்படும் மிகச் சிறிய



படம் 43. அமெரிக்காவின் லாண்ட்சாட் 4, 5 கோள்களின் தொலை உணர்வி.

நிலப்பரப்பு அரை எக்டராக இருந்தது. ஒவ்வொரு பதிவுப்படமும் நிலத்தில் 185 x 185 கி.மீ. பரப்பைக் காண்பித்தது. ஒளி நாடாக் களில் விவரங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டு, நில மையங்கள் சுற்றுப் பாதையில் தென்படும்பொழுது, கோளிலிருந்து மைக்ரோஅலை வரிசைகளில் படங்கள் செலுத்தப்படுகின்றன. எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளும்படி, அப்படங்கள் மாறுபட்ட நிறங்களில் வரையப் பட்டன. செழிப்பான தாவரத்தை சிவப்பிலும், அடர்த்தி குறைந்த தாவரத்தை வெளிர்சிவப்பிலும், தாவரமே இல்லாத இடத்தை வெள்ளை நிறத்திலும் அப்படங்கள் காட்டின. தண்ணீரும், நதியும், கருப்பிலோ அல்லது கருமையான நீலத்திலோ தென்பட்டன. ஆழமில்லாத தண்ணீரும், சேறு நிறைந்த தண்ணீரும் இலேசான நீலநிறத்தில் காட்டப்பட்டன. நகரங்கள் சாம்பல் நிறத்திலும், சிப்பி நீலங்கலந்த சாம்பல் நிறத்திலும் காட்டப்பட்டன. மாறான நிறங் களில், பச்சையான பொருட்கள் நீலமாகவும், சிவப்பு பச்சை யாகவும், கண்ணிற்குத் தெரியாத அகச்சிவப்பு சிவப்பாகவும்

தென்பட்டன.

லாண்ட்சாட்–4 கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றியபோதிலும், தாழ்ந்த உயரத்தில் (700 கி.மீ.) சென்றது. ஏழு நிறப்பட்டைகளில் விவரங்களைப் பதிவு செய்யவல்ல தொலை உணர்வுக்கருவி இக்கோளின் சிறப்பு அம்சமாகும். முதன் மூன்று லாண்ட்சாட் கோள்கள் வானவில்லின் நிறங்களிலும் அகச்சிவப்பிலும் மட்டுமே இயங்கின. ஆனால் இக்கோளில் அவற்றைவிடத் துல்லியமான உணர்விகள் இருந்தன. நீலநிறத்தில் கதிரவன் பிரதிபலித்த ஒளியைப் பதிவு செய்யும் புதிய உணர்வி, ஒளிச்சேர்க்கைக்கு உதவும் தாவரப்பொருள் ஒளியை ஈர்ப்பதில் உள்ள வேறுபாடு களைக் காணவும், கடற்கரையருகே உள்ள நீர்மட்ட அமைப்பு களையும், எல்லை வரையறுக்கப்படாத தீவுகளையும் நிலப்படங் களாக வரையவும் உதவியது. பச்சை நிறத்தில் பதிவுசெய்யும் ஒரு உணர்வி தாவரத்தின் செழிப்பையும், சிவப்பில் பதிவு செய்யும் உணர்வி தாவரம் ஒளிச்சேர்க்கைப் பொருளை உட்கொள்வதையும் காட்டின. அண்மை அகச் சிவப்பு அலைகள் தரைமட்டத்தில் உள்ள தாவரங்களையும், நீராவியையும் அறிய உதவியது. அகச் சிவப்பு அலைகளில் நடுவரிசை, இலைகளில் உள்ள தண்ணீரைக் காட்டின. கோதுமை, பார்லி, கூலப்பயிர் போன்றவற்றைத் தெளிவாகக் காண இயன்றது. களிமண்ணும், கனிமங்களும் இணைந்த மண்வகைகளையும் கண்டுபிடிக்க உதவியது. நடு அகச் சிவப்பு அலைவரிசையில் இயங்கும் உணர்வி மேகங்களையும், பனிப்படலத்தையும் பிரித்துக்காட்ட உதவியது. உள்வெப்ப நிலையைக் காட்டும் அகச்சிவப்பு அலைகள் (10.4—12.5 மை.மீ) செடிவகைகளைத் தனித்தனியே அவற்றின் வெப்பத்திற்கேற்ப அறிந்துகொள்ளவும், கனிம, மண்ணெண்ணைப் படிவங்களைத் தேடுவதற்கும் உதவும்.

கோளிலிருந்து காட்டப்படும் நிலத்தின் பரப்பளவு அரை ஹெக்டேராக இருந்ததால், இந்நாட்டில் உள்ள சிறு பண்ணை களைக் காண இயலவில்லை. ஆனால், படிப்படியாக, கோளின் பகுப்புத்திறன்—காண இயலும் மிகக் குறைந்த பரப்பளவு –71 மீட்டரிலிருந்து 30 மீ. வரை முன்னேறியது. அகச்சிவப்புப் படங்களில், பகுப்புத்திறன் 120 மீ. வரை உயர்ந்தது.

பதிவுப் படத்தில் காணப்படும் மிகச் சிறிய விவரத்தை, படத்தின் கூறு என்றும், பகுப்புத் திறனுக்கேற்ப அதன் தெளிவு அதிகரிக்கும் என்றும் கூறுகின்றனர். பதிவாகும் பரப்பை உடனடியாகத் தோன்றும் காட்சி எனவும் அழைக்கின்றனர். ஒரு

பதிவுப்படத்தை உருவாக்க பல மில்லியன் படக்கூறுகள் தேவைப் படும். (7.5 மில்லியன் படக்கூறுகள் ஒவ்வொரு நிறமாலைக்கும் தேவைப்படும்). உலக முழுவதையும் பதிவுப் படம் பிடிக்க 55,000 படங்கள் தேவைப்படும். அவை ஒவ்வொன்றும் ஏழு நிறமாலை களில் பதிவான படங்களைக் கொண்டிருந்தன. நாள் ஒன்றுக்கு 800 பதிவுப்படங்களை அனுப்ப இயன்றாலும், அவற்றில் சிலவற் றையே சீர்படுத்த இயன்றது. ஏனெனில், மேகம்சூழ்ந்த படங்களை பல நிறுவனங்கள் ஏற்றுக்கொள்ளுவதில்லை. கோளின் ஒளிபரப்பும் திறமையின் வரம்பும், படங்களின் தேவை, விலை போன்ற காரணங்களும் சீர்படுத்தப்படும் படங்களின் தேவையைக் குறைக்கும். ஆனால், ஒரு அடிப்படை அளவிற்கு எல்லாப் பதிவுப் படங்களும் சீர்படுத்தப்பட்டு, காந்த நாடாக்களில் பதித்து வைக்கப்படும்.

படமெடுக்கும் காட்சிகளில் வேண்டிய விவரங்களை எண்ணிலக்கு அடிப்படையில் (ஒன்று, சைபர் என்றபடி) கணிப் பொறிகள்மூலம் பதிவு செய்கின்றனர். படத்தின் ஒவ்வொரு கூறிலிருந்தும் பிரதிபலிக்கப்படும் கதிர்வீச்சின் அளவை 0-விலிருந்து 255 வரை உள்ள ஒரு எண்ணால் குறிப்பிடுகின்றனர். இம்முறையால் காட்சிகளைத் துல்லியமாகக் காண இயலும். இதை பிரஞ்சு நிபுணர்கள் முதன்முதலில் சீர்படுத்தினர். நமது கண்களால் மூன்று அலைவரிசைகளில் மட்டுமே எந்த ஒரு காட்சியையும் மனதில் பதிய வைக்க முடியும். ஆகவே, அதிவேகமாகச் செயல்படும் கணிப்பொறிகள் தேவைப்படுகின்றன.

லாண்ட்சாட்–5இன் 15 ஆண்டுப்பணி 1999இல் நிறைவுற்றது. அத்துடன் இயங்கிய லாண்ட்சாட்–4 தொடர்ந்து பணி ஆற்ற வில்லை. 1993இல் லாண்சாட்–6 செலுத்தப்பட்ட சில நிமிடங்களில் புவியுடன் தொடர்பை இழந்துவிட்டது. 1995இல் அமெரிக்க அரசு லாண்சாட் நிர்வாகத்தை இயோசாட் (Eosat) என்ற தனியார் நிறுவனத்திடம் ஒப்படைத்தது.

லாண்ட்சாட்–7

1999 ஏப்ரலில் லாண்சாட்-7 செலுத்தப்பட்டது. அதற்குமுன் இயங்கிய கோள்களைவிட மேலான உணர்விகள் அக்கோளில் இருந்தன. ஒரு இடத்தை 16 நாட்களுக்கு ஒருமுறை சுற்றிவரும் அக்கோள் 705 கி.மீ. உயரத்தில் இயங்கியது. நிலநடுக்கோட்டை ஒவ்வொரு நாளும் காலை பத்துமணிக்கு (உள்ளூர் கடிகாரப்படி) கடந்துசென்றது. குறிப்பிட்ட கருத்துப்படி விவரங்களைப் பதிவு

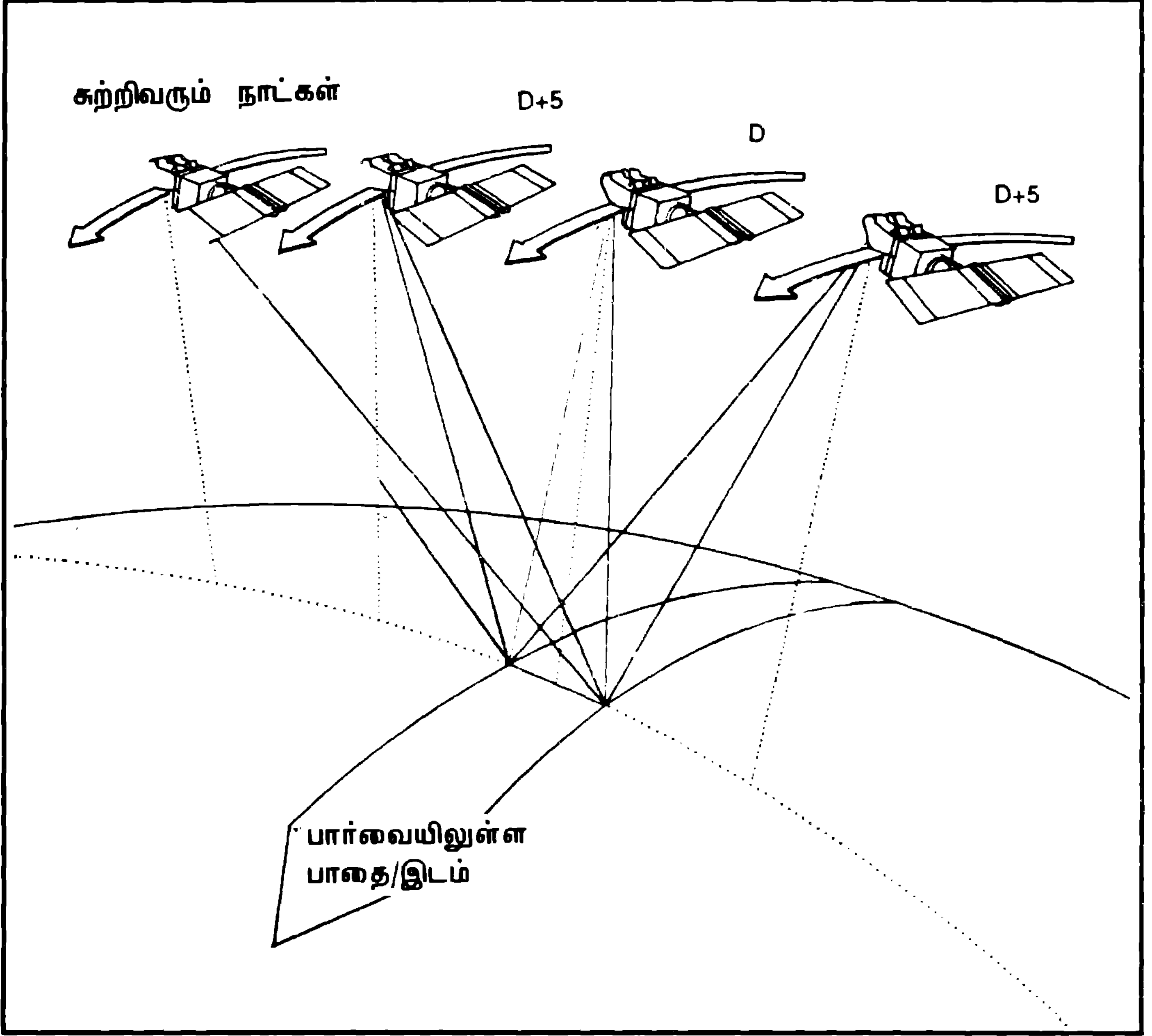
செய்யும் அதன் உணர்வி ஒன்றை இடிஎம். பிளஸ் (ETM Plus) என்று அழைத்தனர். நாம் பார்க்கும் அலைவரிசையிலும் அண்மை அகச் சிவப்பிலும், வெப்பநிலைக்கேற்ப வெளியாகும் அகச் சிவப்பிலும் பொருள்களின் தன்மையை எட்டு நிறமாலைப் பட்டை களில் பதிவு செய்தது. அதன் பாதையின் பரப்பளவு 185x185கி.மீ. என்ற அளவில் அமைந்தது. கண்ணிற்குப் புலனாகும் எல்லா அலை வரிசைகளையும் சேர்த்து அளித்த, கருப்பு, வெள்ளை அலைப் பட்டையில், 15மீ. அளவுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காட்டியது.

1976லிருந்து 1986 வரை கோள்மூலம் பதிவுசெய்யப்பட்ட படங்கள் அமெரிக்க லாண்சாட் மூலமே இதர நாடுகளின் பொதுமக்களுக்குக் கிடைத்தன. 1986க்குப் பின் இதர பல நாடுகள் அத்தகைய கோள்களைச் செலுத்தியுள்ளன.

பிரஞ்சுக் கோள்கள்

பிரஞ்சு நாட்டின் முதலிரண்டு ஸ்பாட் (SPOT) கோள்கள், முறையே 1986இலும், 1990இலும் செலுத்தப்பட்டன. (படம் 44) சில ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு அவற்றின் படம் பதிவு செய்யும் கருவிகள் இயங்கவில்லை. நேரடியாக நில மையங்களுக்கு படங்களின் விவரங்களை அனுப்பின. 1993இல் செலுத்தப்பட்ட ஸ்பாட்–3, 1996இல் இயங்கவில்லை. 1998இல் செலுத்தப்ட்ட ஸ்பாட்–4இல் பரந்த கோணத்தில் பணிபுரியும் கருவி ஒன்று பொருத்தப்பட் டுள்ளது. நிலத்தில் 2250 கி.மீ அகலப் பாதையில், ஒரு கி.மீ. வரைத் தெளிவாகப் படம் பதிவுசெய்யும் திறனை அக்கருவி பெற்றிருந்தது. தாவர இலைகளிலும், மண்ணின் ஈரத்திலும் உள்ள வேறுபாடு களை, சிற்றலை அகச்சிவப்பில் (1.58—1.75 மை.மீ) பளிச்சென்று காண முடிந்தது. இதைத் தவிர, பச்சை, சிவப்பு, அண்மை அகச் சிவப்பு ஆகிய அலைவரிசைகளிலும், படங்கள் பதிவு செய்யப் பட்டன. ஒரே மாதிரியான நிறமாலை அலைவரிசைகளில் அதிகத் தெளிவுடனும், குறைந்த தெளிவுடனும் காட்டும் ஒரு உணர்வியைப் பயன்படுத்தி, படங்களை எளிதாக விவரிக்க இயன்றது. இம் முறைப்படி, உலக மெங்கும் ஒரு கிலோமீட்டர் அளவில் தெளிவாகப் படம் பதிவு செய்ய இயலும்.

இவ்வரிசையில் அடுத்த தலைமுறைக் கோள் ஸ்பாட்–5, 10 மீ. அளவிற்குத் தெளிவாகப் படங்களைப் பதிவு செய்யும். இதுவரை 20மீ. அளவைப் பதிவு செய்ய இயன்றது. ஸ்பாட்–5 கொண்டு



படம் 44. பிரஞ்சு தொலை உணர்வுக்கோள், 'ஸ்பாட்' (SPOT). இந்த வரிசையில் செலுத்தப்பட்ட கோள்கள் பல கோணங்களில் காட்சிகளைப் படம் பிடிக்கின்றன. அத்தகைய படங்களைச் சேர்த்து முப்பருமப் படமாக காட்சிகளைப் பதிவு செய்கின்றனர்.

செல்லும் உணர்வி ஒன்று பல நிறங்களை ஒருமித்து 2 அல்லது 3 மீ. அளவுத் தெளிவில் காட்சிகளைப் பதிவு செய்யும். மற்றொரு நுட்பமும் கையாளப்படவிருக்கின்றது; ஐந்து மீட்டர் தெளிவில் எடுக்கப்பட்ட பதிவுப் படங்களிலிருந்து, 2.5 மீ. தெளிவைப் பெறும் பகுப்புத்திறன் கோளில் இருக்கும். இதனால், இராணுவ விவகாரங்களை உளவு பார்த்தல், வனவளத்தின் பட்டியல் தயாரிப்பு, நகர்ப்புரங்களின் நிலப்படங்களை 1:50 000 அல்லது 1:25 000 என்ற அளவில் புதிப்பித்தல் போன்ற பல பணிகளுக்கு இத்திறன் உதவும். மேலும் இக்கருவிகளால் பல கோணங்களில் படத்தைப் பதிவு செய்ய இயலும். உலகில் எங்கு வேண்டு மானாலும், எத்துறையிலும், ஐந்து நாட்களுக்கு ஒருமுறை பதிவுப் படம் எடுக்க அக்கோளால் முடியும்.

ஜப்பானிய கோள்கள்

ஜப்பானும் தொலை உணர்வுக் கோள்களை செலுத்தியுள்ளன. 1992இல் ஜெ.இ.ஆர்.எஸ்–1 (JERS-1) என்ற பெயரில் ஜப்பான் இரண்டு ஆண்டுகள்வரை நீடிக்குமென்று மதிப்பிட்டு உலக வளமறியும் கோள் ஒன்றை செலுத்தியது. அந்நாட்டின் நில மையத்தில் தோன்றிய கோளாறுகள் காரணமாய் அக்கோளுடன் தொடர்பு நீடிக்கவில்லை; கோளும் கைவிடப்பட்டது. ஆனால் அதில் வைக்கப்பட்ட அகச்சிவப்புக் கருவியும், நூதன ரேடார் கருவியும் நன்றாகவே பணிபுரிந்தன. வெப்பப் பிரதேசங்களின் மழைக்காடு களையும், புவியின் வடக்குப் பகுதியில் உள்ள காடுகளையும், அமேஜான் காடுகள் அழிந்துவருவதையும் விவரமாக நிலப்பட மாக்க அக்கோள் உதவியது. 1996இல் செலுத்தப்பட்ட 'அடியோஸ்' (ADEOS) என்ற மற்றொருகோள் பத்துமாதங்களுக்குள் திடீரென தோல்வி அடைந்தது. தனது செயல்படும் போக்கில் நிலைதடுமாறி, கதிர்வீசசுப் பலகைமூலம் பெறும் மின் ஆற்றலையும் இழந்தது. அப்பலகையின் ஒரு பகுதி அகன்று விட்டது. அக்கோளின் உணர்விகள் ஓஜோனின் பரப்பு, கடல் வண்ணம், ஆகியவற்றைப் பதிவுசெய்து உலக வானிலை ஆய்விற்கு உதவியது. மீண்டும் இத்தகைய உணர்விகளை நிலக்கண்காணிப்புக்கோள் ஒன்றில் வைக்கத் திட்டமிட்டுள்ளது. ஆசிய பசிபிக் நாடுகளில் ஏற்படும் பேரழிவுகளைக் கண்காணித்து, அவற்றை வருங்காலத்தில் தடுக்கவும் இக்கோள் உதவும்.

ஐரோப்பியக் கோள்

ஐரோப்பிய என்விசாட் (Envisat) (2002) என்ற கோளில் பத்து வெவ்வேறு உணர்விகள் உள்ளன. அவை பல பணிகளைச் செய்ய வல்லன: கடல்மட்ட வெப்பநிலையை 0.3K என்ற அளவில் உணர்ந்து பதிவு செய்தல்; ஒரு கருவி அனுப்பும் மைக்ரோ அலைகளை நிலம் பிரதிபலிப்பதைக்கொண்டு புவியின் கதிர்வீச்சு வெப்பத்தை அறிவது; கோளின் சுற்றுப்பாதையை 3 செ.மீ. வேறுபாட்டில் அறிவது (இந்த விவரம் புவியின் அடித்தளம் சற்றே நகர்ந்தாலும் அந்த அசைவை அறிய உதவும்); புவியும் மேகத் தொடர்களும் கதிரவனின் கதிர்வீச்சை வெளியிடும் போக்கைக் கண்காணிப்பது; காற்றுவெளியின் அழுத்தங்களையும், வெப்ப நிலையையும் மேகங்களின் நீர் அளவையையும் மதிப்பிடுதல்; வாரந்தோறும் கடல்மட்ட அளவை அறிதல் போன்ற பணிகளை

என்விசாட் மேற்கொள்ளும். மேலும், காட்டுத்தீ, தூசிக்காற்று, தொழில்களால் ஏற்படும் சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலை மாற்றம், எரிமலை நடவடிக்கை போன்ற பல விவரங்களை அறிய காற்றுவெளி ஆராய்ச்சியும் மேற்கொள்ளப்படும்.

இன்டர்நெட்டில் படம்

ரஷ்யாவும் இத்துறையில் பல கோள்களை ஏவியுள்ளது. 1998இல், உதாரணமாக, சோயூஸ் ஏவுகணை ஸ்பின்–2 (SPIN) என்ற கோளைச் செலுத்தியது. காமிராவும், படங்களும் புவியின் காற்று வெளிக்குள் இழுக்கப்பட்டு, பாராசூட்டினால் இறக்கப்பட்டு, பைகானூருக்கு அனுப்பப்பட்டன. அவை எடுத்த (2மீ முதல் 10 மீ வரை அளவுள்ள) படங்களை இன்டர்நெட்டின்மூலம் எல்லா நாடுகளும் வாங்கலாம். அகச்சிவப்பு அலைகளில் பதிவு செய்யும் கோள்களையும் ரஷ்யா அனுப்பியுள்ளது.

ஒரு மீட்டர் அளவில்

இந்தியத் தொலை உணர்வுக் கோள்கள் ஐந்து மீட்டர் அளவில் பொருள்களைக் காட்டும் பதிவுப்படங்களை அனுப்புகின்றன. 1999இல் அமெரிக்கத் தனியார் நிறுவனம் ஒன்று. (ஸ்பேஸ் இமேஜிங் (Space Imaging), ஒரு மீட்டர் தெளிவில் பதிவுப் படங்களை சேகரித்து அளித்தது. ஐகோனாஸ்–2 (IKONOS–2) கோள் கொடுத்த படங்களை வர்த்தக முறையில் விற்கத் தொடங்கியது. மூன்று அச்சு நிலைப்பில் அசையாது செயல்படும் இக்கோள், மூன்று நாட்களுக்கு ஒருமுறை ஒரே இடத்தை மீண்டும் பதிவு செய்யும். இதனால், போர் ஏவுகணைகளை, டாங்குகள், ராணுவ வண்டிகள், போர் விமானங்கள், போர் நிறுவனங்கள் ஆகியவற்றைத் துல்லிய மாகக் கண்டுகொள்ளலாம்.

பல்வேறு அமெரிக்க நிறுவனங்கள் ஒரு மீட்டர் அளவில் பதிவுப் படங்களை விற்றுவருகின்றன. இஸ்ரேல் நாட்டில் அமைக்கப்பட்டு, ரஷ்யாவில் செலுத்தப்பட்ட கோள்மூலம், அமெரிக்க நிறுவனம் ஒரு மீ. படங்களை விற்க முடிந்தது. சேகரிக்கும் விவரங்கள் முழுவதையும் கோளிலேயே பதிவு செய்ய இயலாது. கோள் சுற்றிவரும்பொழுது, அத்துடன் தொடர்பு கொள்ளும் நில மையங்கள் விவரங்களைப் பதிவு செய்யும்.

ஒரு மீட்டர் தெளிவில் உள்ள படங்கள் ராணுவத்திற்கு பயன்படுவதால், இரண்டு மீட்டர் தெளிவிற்குக் குறைந்த அளவில்

உள்ள இஸ்ரேல் நாட்டுப் படங்களை இதர நாடுகளுக்கு விற்கக் கூடாது என்று அமெரிக்க அரசு தடை விதித்துள்ளது.

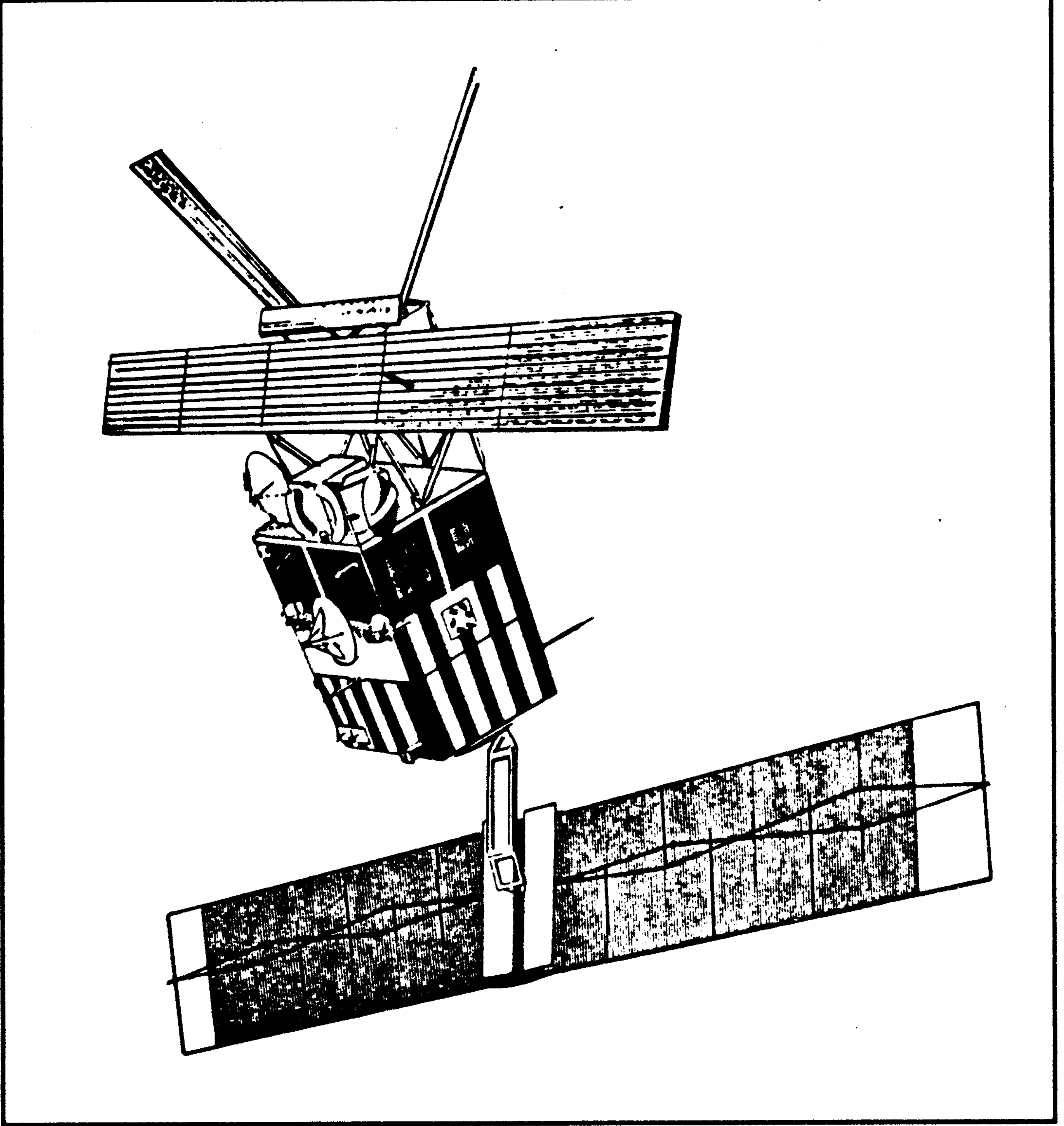
பிரஞ்சு நிறுவனம் ஒன்றும் (ஸ்பாட் இமாஜ்) (Spot Image), அமெரிக்கத் தனியார் நிறுவனம் ஒன்றும் (ஆர்பிமாஜ் - Arbimage) ஒன்றின் படங்களை மற்றொரு நிறுவனம் குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் விற்கலாம் என்று ஒப்பந்தம் செய்துகொண்டுள்ளன. இதன்படி, ஐரோப்பாவில் பிரஞ்சு நிறுவனம் ஒரு மீ. அளவில் கருப்பு வெள்ளைப் படங்களையும், அமெரிக்க நிறுவனத்தின் 4 மீ., 8மீ அளவில் பலநிறப்படங்களையும் விற்கலாம். கனிம ஆய்வு, வேளாண்மை நிர்வாகம், சுற்றுப்புற சூழ்நிலைக் கண்காணிப்பு ஆகியத் துறைகளில் இப்படங்கள் பயன்படும்.

ரேடார் கோள்கள்

ரேடார் அலைவரிசைகளைப் பயன்படுத்தி கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களை ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம் 1991லும், 1995இல் அனுப்பியது. (படம் 45) அவை புவியின் நிலப் பகுதிகளையும், கடற்பனி, துருவங்களின் மேல் உள்ள பனிப் போர்வை, ஆகியவற்றை ஆராய்ந்து ஏராளமான விவரங்களைச் சேகரித்துள்ளன. இரவிலும், பகலிலும், மேகங்கள் இருப்பினும், இல்லாவிடினும், 5 மீ. தெளிவில் படங்களை ரேடார் அலைவரிசை மூலம் படம் பிடித்துக் காட்டின. இந்தோனேசியாவின் பயங்கரக் காட்டுத் தீ பரவிய இடங்களை இப்படங்களில் சில எடுத்துக் காட்டின. மேலும், வெள்ளம், நிலநடுக்கம், வெப்பக்காடுகளின் அழிவு, வேளாண்மையில் மாற்றங்கள், சுற்றுப்புறச் சூழலில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறிய ரேடார் கோள்கள் உதவும்.

1996இல் முதல் ஐரோப்பிய ரேடார் உணர்வுக்கோள் அவசர நிலையில் பயன்படுமாறு, தொடர்ந்து இயக்கப்படாமல் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டது. கோளின் பாதையில் ஒவ்வொரு 200 அல்லது 300 கி.மீ. தொலைவில் 5x5 கி.மீ. கடற்பரப்பைக் குறிக்கும் படங்களைப் பதிவு செய்தது. கடல்மட்டத்திலிருந்து திரும்பிப் பெற்ற ரேடார் அலைகள்மூலம், கடல்மட்டக் காற்றின் வேகத்தையும், திசையையும் கணிக்க முடியும்.

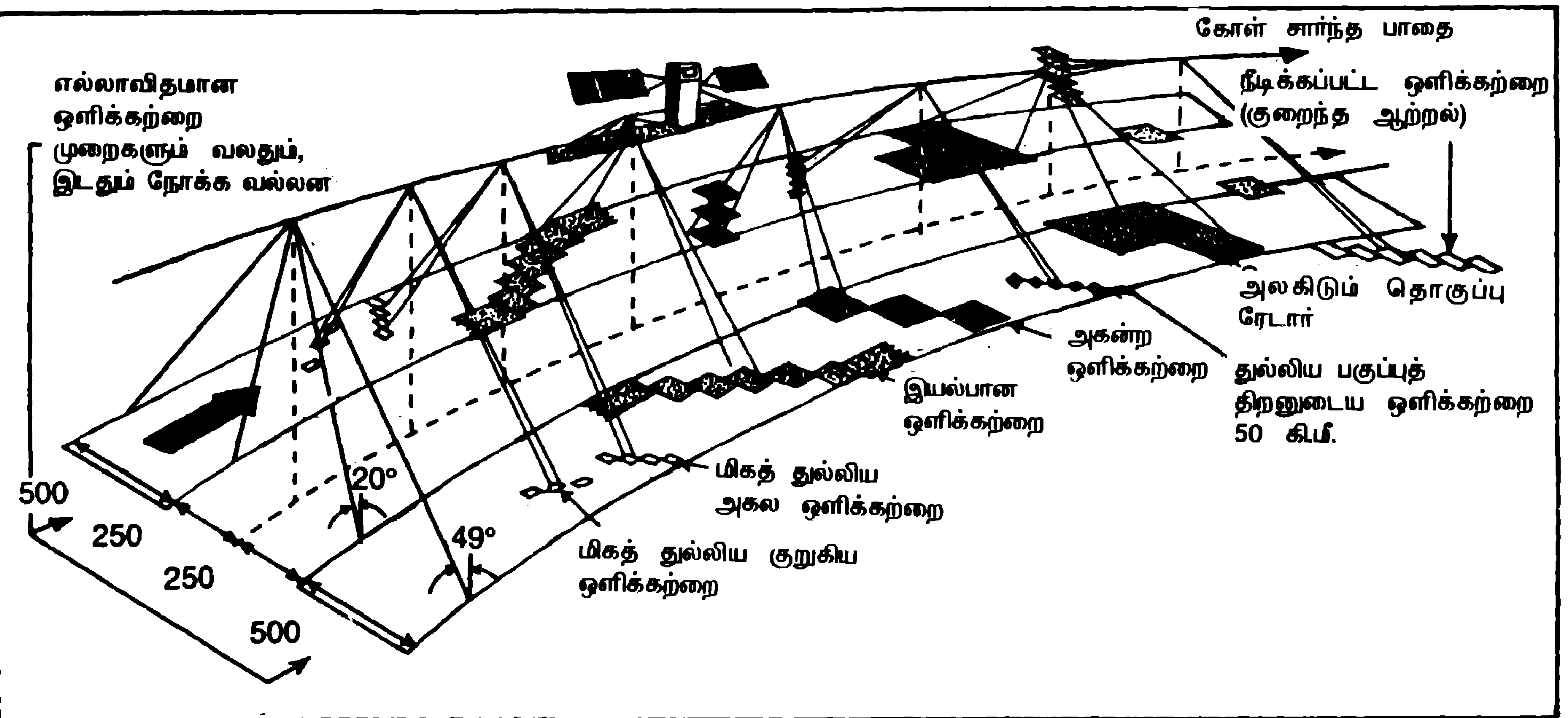
ஐரோப்பிய என்விசாட் கோளிலும் ரேடார் உள்ளது.



படம் 45. ஐரோப்பிய ரேடார் தொலை உணர்விக்கோள்கள் (இ-ஆர்எஸ் 1, 2) கடல் மற்றும் நிலப் பகுதிகளை ரேடார் அலைகள் வழியாகப் பகலிலும் இரவிலும்,(முகில் மூடியிருக்கும் இடங்கள் உட்பட) படம் எடுக்கும். அவை காட்டுத்தீ, எரிமலை வெடிப்பு போன்றவற்றைப் பதிவு செய்துள்ளன.

கானடாவின் ரேடார்சாட்

1995இல் கானடாவின் ராடார்சாட்–1 (RADARSAT1) செலுத்தப் பட்டது. C அலைவரிசையில் பல கோணங்களில் வெவ்வேறு வகையான ஒளிக்கற்றைகள்போல் ரேடார் அலைகளைச் செலுத்தியது. இக்கோள் 24 நாட்களுக்கு ஒருமுறை புறப்பட்ட கோட்டின் மேல் திரும்பிவரும். ராடார் 2, 2002இல் செலுத்தப்பட உள்ளது. மூன்று முதல் 100 மீட்டர் வரை பொருள்களைத்



படம் 46. கானடாவின் ரேடார் கோள், ராடார்சாட்–2. ரேடார் பல அளவுகளில் உள்ள (100 மீட்டரிலிருந்து 3 மீட்டர்வரை) பொருட்களைப் பதிவுசெய்ய வல்லது.

தெளிவாகப் 'பார்க்கும்' திறனைப் பெற்றுள்ள இக்கோள், தனது படம் பதிவுசெய்யும் முறையை ஒரு சில வினாடிகளில் மாற்றிக் கொள்ளவும் முடியும். நூற்றுக்கணக்கான அலை பரப்பிகளையும், ஏற்பிகளையும் கொண்ட இந்த ரேடாரை கணிப்பொறியால் இயக்கு கின்றனர். கோள் செல்லும் வழிக்கு இரு புறங்களிலும் படங்களை எடுப்பதால், பதிவாகும் படங்களின் எண்ணிக்கை இரட்டிக்கும். சேகரிக்கும் விவரங்களை குறியீடுகளாக மாற்றி, நில மையத்திற்குச் செலுத்துவதால், அவற்றை எல்லோராலும் கண்டுகொள்ள இயலாது. ரேடார் படங்கள் நில அளவீடுகளைப் புதுப்பிக்கவும், நில உயர அளவுகளைக் காட்டும் வரைபடங்களை உண்டாக்கவும் உதவுகின்றன. புவியைச் சார்ந்த பல துறைகளில் ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொள்ள ரேடார் கோள்கள் உதவும். பல கோணங்களில், ஒரே நிலப்பரப்பை இரண்டு அல்லது அதற்கும் அதிகமான படங்களில் ஒரே திசையில் 'பார்த்து'ப் பதிவு செய்யலாம் (படம் 46).

1999இல் அமெரிக்க ஷட்டிலில் சென்ற விண்வெளிக்குழு புவியின் இட இயல்பு அளவுகளை ரேடார்மூலம் பதிவு செய்தனர். 2000 பிப்ரவரியில் புவியின் நிலப்பரப்பில் 70 விழுக்காட்டை ரேடார்மூலம் பதிவுப்படம் பிடிக்க ஒரு திட்டமிட்டனர்.

2001இல் அமெரிக்காவின் புவி கண்காணிப்புக்கோள், இஓ–1 (EO-1) ஒரு புதிய தொழில்நுட்ப சாதனையை வெற்றிகரமாகச் செய்தது. கோள் சுற்றுப்பாதையில் சரியாகச் செல்லுமாறு குறிப் பிடும் கட்டளைகள் கோளிலிலேயே உள்ள மென்பொருளில் சேர்த்துவிட்டனர். இதன்படி, ஏற்கெனவே சுற்றிவரும் லாண்ட் சாட்–7 கோளிற்குப் பின்னால் ஒரே ஒரு நிமிட வேறுபாட்டில் செல்லுமாறு அமைத்துள்ளனர். இரண்டு கோள்களும் ஒருங்கே 'அணிவகுத்துச் செல்வதுபோல்' இயங்குகின்றன. லாண்ட்சாட்–7லிருந்து இ.ஓ.-1கோள் உள்ள தொலைவைத் துல்லியமாக அறிய, இடநிர்ணயக் கோள் ஒன்றின் வரவேற்புக் கருவியை இ.ஓ.1இல் வைத்துள்ளனர். இதனால் இரு கோள்களும் தாமே தமது சுற்றுப்பாதையில் மோதாமல் சுற்றுகின்றன. இவை பதிவு செய்யும் படங்களின் தெளிவு காற்றுவெளியால் குறைக்கப்படுவதில்லை. ஒரே இடத்தைத் தெளிவாக இரண்டு கோள்களும் படம்பிடிக்க இந்த முறை உதவுகின்றது.

18

ஒரு நீல அணிகலன்

விண்வெளியுகம் தோன்றுவதற்குப் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே, வானயியல் வல்லுநர், பிரட் ஹாயல் (Fred Hoyle) விண்வெளியி லிருந்து புவியின் புகைப்படம் ஒன்று கிடைத்துவிட்டால், வரலாறு காணாத, ஆற்றல்மிக்க ஒரு புதிய எண்ணம் மக்களிடையே வெகுவாகப் பரவிவிடும் என்றார். புகைப்படக் கருவிகளும், விண்வெளி வீரர்களும், இருண்ட வெற்றிடத்தில் நீல அணிகலன் போல் திகழும் புவியைப் படம்பிடித்துப் புகழத் தொடங்கியதும், ஹாயல் கூறியதுபோல், பொதுமக்களிடையே புவியைப் பற்றி ஒரு புதிய விழிப்புணர்வு தோன்றியது. மனிதனின் பேராசையால் புவியின் இயற்கைவளங்கள் சூறையாடப்பட்டால், ஒரு நீல அணிகலனாகப் புவி வெகுநாள் நீடிக்காது என்பதை மக்கள் உணரத் துவங்கினர். செயற்கைக்கோள்கள் அபாய நிலையை அறிவித்ததோடு நிற்கவில்லை; அபாயத்தைத் தவிர்க்கவும், எதிர்க்கவும் வழிகாட்டின. புவியின் நீலக்கடல்களும், பசுமை நிலங்களும், அவற்றில் வாழும் உயிரினங்களும், தொடர்ந்து நீடித்தால், நீல அணிகலனும் நீடிக்கும் என்பதை பல அறிவியல் ஆராய்ச்சிகள் உணர்த்தின.

திரைகடலின் அளவுகள்

புவியைப் பற்றிய புதிய தகவலகளைத் திரட்டும் பணி திரைகடலி லிருந்தே துவங்கிற்று என்று கூறலாம். புவியின் 70 விழுக்காடு கடலாய் உள்ளது. காற்றுவெளியுடன் கடல் மிகப் பெரிய அளவில் தன் ஆற்றலைப் பரிமாறிக் கொள்கின்றது. புவியின் வானிலைக்குக் கடல் இன்றி அமையாதது. ஆகவே, கடலின் பரிமாணங்களை அளவிடும் பணியைச் சில கோள்கள் துவங்கிற்று; குறிப்பாக, கடல்மட்டத்தைத் துல்லியமாக அறிய முற்பட்டுள்ளன. கோள்களில்

உள்ள உயரமானிகள் கோளிற்கும் கடலிற்கும் இடையே உள்ள தொலைவை அளவிட்டன. கடலின் மேற்பகுதியின் இயல்பை அறிய கோள்கள் உதவின. 1984இல் அமெரிக்க பிரஞ்சு விண்வெளி நிறுவனங்கள் சேர்ந்து ஒரு திட்டத்தை (டோபேக்ஸ்-பாசிடோன்—Topex-Poseidon) துவங்கின. இதன்படி, 1330 கிமீ. உயரத்தில் சென்ற ஒரு கோள் புவியின் முனை அச்சிற்கு 66° சாய்ந்து சுற்றியது. கடல் மட்டத்தின் சராசரி அளவுகளை அக்கோள் அறிவித்தது. அதன் நோக்கம், கடல்மட்டத்தைப் புவியில் உள்ள ஒரு அளவுப்படி நிர்ணயிக்க வேண்டும் என்பதே. 1990 ஆண்டுகளின் துவக்கக் காலத்தில், கடல்மட்ட வெப்பநிலையில் தோன்றிய மாறுபாடுகளும், அக்கோள் அறிவித்த கடல்மட்ட உயரத்தின் மாறுபாடுகளும் இணைந்து காணப்பட்டன.

பத்து நாட்களுக்கு ஒரு முறை அக்கோள் தயாரித்த இட இயல்பியல் படங்களில், 1994இல் எல் நினோ (ஸ்பெயின் மொழியில் குழந்தை என்று பெயர்!) என்ற வானிலை மாற்ற நிலையின் விளைவுகள் தெளிவாகத் தென்பட்டன. புவிநடுக் கோட்டில் உள்ள பசிபிக் கடலில் வீசும் வணிகக் காற்றுகள் குறைந்த வேகத்துடன் செல்ல, வெப்பமான கடல்நீர் கிழக்கு நோக்கிச் சென்றது. கிழக்கே உள்ள பசிபிக் கடலின் மேற்பகுதியில் அசாதாரணமான சூடு தென்பட்டது. அப்பொழுது, வடக்கு ஆஸ்திரேலியாவிற்கு அருகேயும், நடுபசிபிக் கடலிலும் கடல் மட்டக் காற்று அழுத்தம் ஒரே நிலையில் இல்லாமல், ஏறி இறங்கித் தென்பட்டது. இதை அடுத்து குறுகிய கால அளவில் வானிலை மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டன.

இக்கோள் (டோபேக்ஸ்-பாசிடோன்) சேகரித்த கடல்மட்ட உயர அளவுகளில் சில முரண்பாடுகள் இருப்பதாக, மற்றொரு கோள் (ஐரோப்பிய இ.ஆர்.எஸ்.-1 ERS–1) சுட்டிக்காட்டியது. இதற்குக் காரணம், புவியின் கடின வெளிப்பகுதியின் பொருண்மை சீராக இல்லாமல் இருப்பதே. இதனால் கடலின் ஈர்ப்பு விசையில் சில முரண்பாடுகள் தென்பட்டன. பிரஞ்சுநாட்டின் ஜேசன் (Jason) என்ற கோள் (2001) இந்த ஆய்வைத் தொடரும்.

புவியில் தோன்றும் கரியமில வாயுவும், இதர வளிகளில் சிலவற்றையும் உறிஞ்சும் தேக்கிடமாகக் கடல் செயல்படுகின்றது. கரியமில வாயுவில் அரைப்பங்கைக் கடல் ஏற்றுக் கொள்கிறது. காடுகளை எரிப்பதாலும், தொல்படிவ எரிபொருள்களாலும் கரியமில வாயு உண்டாகின்றது. புவியின் வடக்குப் பிரதேசங்களில் உள்ள குளிர்ந்த கடல்கள் இவ்வளியை ஏற்றுக்கொண்ட பிறகு கடலில்

மிதக்கும் நுண்ணிய தாவர உயிரினங்கள் அவ்வளியை கரிமப் பொருட்களிலும், கனிமப் பொருட்களிலும் சேர்த்து வருகின்றன. இவ்வளியை கடல் ஏற்றுக்கொள்ளும் திறன், அங்குள்ள உயிரினங் களின் கால்சியம் கார்போனேட் எப்படி மாறுபடும் என்று இன்னமும் சரிவரப் புரியவில்லை. கோள்கள் காண்பிக்கும் படங்களில் நுண்ணிய உயிரினங்கள் படர்ந்துள்ள விதத்தை, அவற்றால் கிரகிக்கப்பட்ட ஒளியின் மாறுபாடுகள் மூலம் காணலாம். அமெரிக்க நிம்பஸ்–7 என்ற கோள் (1978—1986) முதன் முறையாக கடற்கரைப் பிரதேசங்களை பல நிறங்களில் காட்டியது. வடக்கு அட்லாண்டிக் கடல் முழுவதையும் நுண்ணிய தாவர உயிரினங்கள் படர்ந்துள்ள இடங்களைக் குறிப்பிட்டு நிம்பஸ்–7 ஆராய்ந்தது. கடல் வண்ணத் தகவல்கள் கடலின் கரியமில வாயு எடுத்துக்கொள்ளும் விதத்தையும், உயிரினங்கள் செயல்படும் விதத்தையும், அவற்றால் தோன்றும் வெப்பநிலையையும் அறிய உதவின. மற்றுமொரு அமெரிக்கக் கோள் சீஸ்டார் (Seastar) (1995) கடலின் வர்ணங் களையும், காற்று மண்டலமும் கடலும் பரிமாறிக்கொள்ளும் வளிகளையும் ஆராய்ந்தது. இதனால், சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலை, நுண்ணிய உயிரினங்கள், பாசியின வளர்ச்சி, மீன்வளம், ஆகியவற்றை ஆராய இயன்றது.

காற்றின் வேகத்தையும், திசையையும், கடலில் செல்லும் கப்பல்கள் அறிவிக்கும் நிலை மாறி, உலகெங்கும் உள்ள விவரங்களை தற்பொழுது செயற்கைக் கோள்மூலம் சேகரிக் கின்றனர். ஐரோப்பிய இ.ஆர்.எஸ்–1 என்ற தொலைஉணர்வுக்கோள் காற்றை அளவிடும் கருவியை ஏற்றிச் சென்றது; 72 மணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை உலகின் கடல் அலைகளைப் பற்றிய தகவல்களை அக்கோள் அளித்தது. அடுத்து செலுத்தப்பட்ட அத்தகைய ஐரோப்பிய கோள், கடல் அலைகளையும், காற்றின் போக்கையும் ஆராய்ந்தது.

இ.ஆர்.எஸ். கோள்கள் கடல்மட்ட அலைகளின் வேகம், போக்கு, வலிமை ஆகியவற்றை அளவிட்டுள்ளன. ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் மற்றொரு கோள், என்விசாட் (ENVISAT) கடல் மட்ட நிலை பற்றிய ஆய்வுகளை நடத்தும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. உலகெங்கும் காற்றின் வேகத்தையும், அலைகளையும், கடலின் வெப்ப 'வயல்களை'யும், நுண்ணுயிர் பரவியுள்ள பிரதேசங்களையும் அளவெடுத்து அனுப்பவுள்ளது.

காற்றுவெளி ஆராய்ச்சி

புவியின் காற்றுவெளி பற்றிய பல புதிய தகவல்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. உலகின் சராசரி வெப்பநிலை 1970—1990இல், கடந்த நூற்றாண்டின் வேறு எந்த ஆண்டுகளையும்விட அதிகமாக இருந்த தாகக் கண்டுள்ளனர். இத்தகைய வெப்பநிலை உயர்வு காற்று வெளியில் சேர்ந்துவரும் மாசுகளாலும், நிலப் பயன்பாடுகள் மாறுவ தாலும் அதிகரித்துவிட்டன என்றும், அதன் விளைவாக மனித வாழ்விற்குப் பல இடையூறுகள் நேரிடும் என்றும் வல்லுநர்கள் கூறியுள்ளனர்.

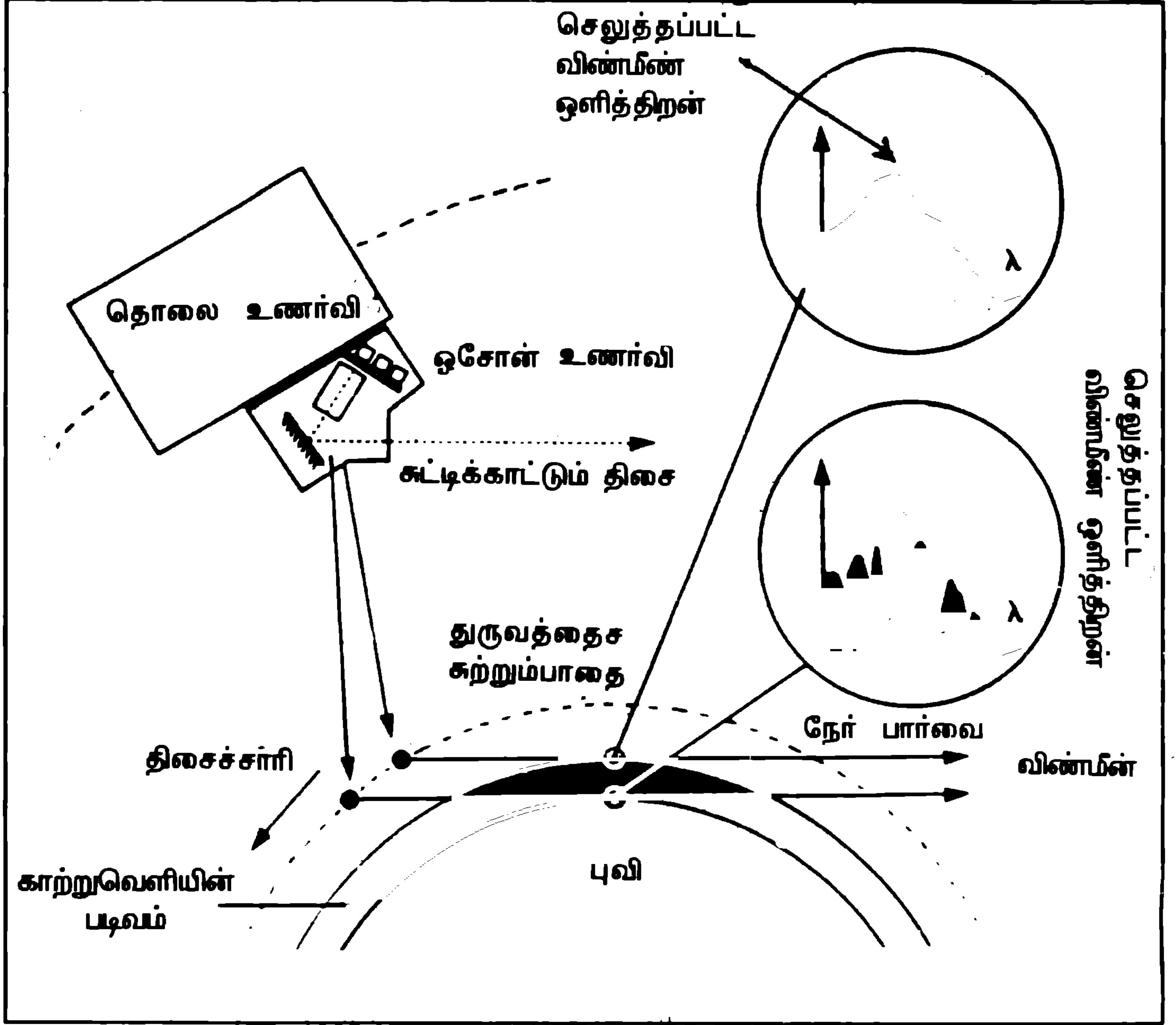
மேம்பாடு அடைந்த நாடுகள் மேற்கொண்ட சில திட்டங் களால், ஓசோனை அழிக்கும் வேதிப் பொருள்களின் உற்பத்தி பெரிதளவும் இன்று (2001) குறைந்துள்ளது. ஓசோன் குழியும் குறுகி வருவதாகக் கண்டுள்ளனர். காற்றுவெளி உயிரினங்களைக் காப்பதில் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றது; இதைப் புவிக்கு அருகே உள்ள கோள்கள் உறுதிப்படுத்தியுள்ளன. உதாரணமாக, ஓசோன் கதிரவனின் புறஊதாக்கதிர்களை ஆட்கொண்டு, புவியிலுள்ள உயிரினங்களைப் பாதுகாக்கின்றது. ஆனால் காற்றுவெளியில் உள்ள பல வளிகளாலும், குறிப்பாக 'குளோரோபுளோரோ கார்பன்' என்ற வேதிப் பொருளாலும், ஓசோன் குறைக்கப்படுகிறது. காற்றுவெளியில் குளோரின் வளி 1970இல் இருந்ததைவிட 1992இல் 2½ மடங்கு அதிகரித்துள்ளதாக அறிவித்தனர். ஓசோனில் ஒரு விழுக்காடு குறைந்தால், புற ஊதா கதர்வீச்சு இரட்டிக்கும் என விஞ்ஞானிகள் மதிப்பிட்டுள்ளனர். ஓசோன் குறைந்து வருவதை 1979-1987 ஆண்டுகளில் கவனித்தனர். ஓசோன் குழி என்று அந்தக் குறைவை அழைத்தனர். 1991இல் பிலிப்பைன் நாட்டின் பினடோபோ (Mt Pinatubo) என்ற எரிமலை வெடித்தபின், இரண்டு ஆண்டுகளுக்குள் ஓசோன் பெரிதும் குறைந்துவிட்டது. எரிமலை வெடித்ததால் சிதறப்பட்ட கூளம் ஓசோனின் செறிவை வழக்கமான நிலையிலிருந்து 9 விழுக்காடு குறைத்துவிட்டதாகக் கூறினார்கள். ஓசோன் குழி புவியின் வடக்கு மண்டலத்தின் நடுப் பகுதிக்கு மேல் தோன்றியது. 1994இல் தெற்கே அண்டார்டிகாவிற்கு மேல் தோன்றியது. அதே ஆண்டு, அமெரிக்காவின் ஷட்டில் கலன் ஒன்று ஓசோனின் பரிமாணங்களைத் துல்லியமாக அளவெடுத்தது; அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் ரஷ்யக் கருவிகள் அளித்த விவரங் களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தார்கள். புற ஊதா கதிர்வீச்சு உலகின் பல இடங்களில் வெவ்வேறு விதமாக இருப்பதைக் கண்டனர்.

அமெரிக்க உயர்காற்றுவெளி ஆய்வுக்கோள் ஒன்று (1997) ஆறு ஆண்டு காலத்திற்கு விவரங்களைச் சேகரித்தது. அதன்படி, ஓசோன் குறைந்த விகிதம், வெப்பநிலை, மீத்தேன் வளியின் அடர்த்தி, நீராவி போன்ற பல விவரங்கள் விஞ்ஞானிகளுக்குக் கிடைத்தன. 1992இல் அமெரிக்க ஷட்டில் கலன் காற்றுவெளியை ஆராய முதல் பரிசோதனைக் கூடத்தை (அட்லாஸ் 1) எடுத்துச் சென்றது. 15 முதல் 600 கி.மீ. வரை உள்ள காற்றுவெளியின் வேதியியலை ஆராய்ந்தது. அட்லாஸ்-2 என்ற கோள் 1993இல் கொண்டு செல்லப்பட்டது. காற்றுவெளியின் வேதியியலைத் தவிர, கதிரவனிடமிருந்து வரும் ஒட்டுமொத்த ஆற்றலையும் அதன் வேறுபாடுகளையும், அதனால் ஓசோனுக்கு ஏற்பட்டுள்ள தீங்குகளையும் அக்கோள் ஆராய்ந்தது. அட்லாஸ்-4 (1994) ஒரு பன்னாட்டு முயற்சியாக அமைந்தது. புவியின் காற்றுவெளியில் கந்தக டைஆக்சைடு பெருகி வருகின்றது. இது தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வெளியேற்றப் படுகின்றது. இதனால் சல்பேட் ஏரோசால் தோன்றி, கதிரவனின் வெப்பத்தை காற்றுவெளியிலிருந்து அதிகமாக வெளியேற்றி விடுகிறது. கந்தக டைஆக்சைடில் 50 விழுக்காட்டை மழையும், காற்றோட்டமும் அகற்றுகின்றன. ஆனால் மழைத்தண்ணீர் கந்தகத்தால் பாதிக்கப்பட்டு ஏரிகளையும், தாவரங்களையும் மாசு படுத்துகிறது. காற்றுவெளியின் அடிப்பாகத்தில் 'சல்பேட் ஏரோசல்கள்' மேகங்களைக் கூட்டி, கதிரவனின் வெப்பத்தை அவை பிரதிபலிக்கும் தன்மையை அதிகரித்து விடுகின்றன. எரிமலை வெடிப்புகளால் காற்றுவெளியின் மேற்பகுதிக்கு சல்பேட்டுகள் உந்தப்படுவதால், அங்குள்ள ஓசோனையும் அவை அழித்து விடுகின்றன.

1994இல் சென்ற 'ஷட்டில்' விண்வெளி விஞ்ஞானிகள் காற்று மண்டலத்தின் பல படிவங்களில், மத்திய அமெரிக்க எரிமலைகளிலிருந்து வெளியான கூளங்களும் வளிகளும் எங்ஙனம் சேர்ந் துள்ளன என்பதை ஆராய்ந்தனர். சீனா, ஜப்பான் தொழிற்சாலைகளின் துணைப் பொருள்களிலிருந்து வெளியேறிய கந்தக டைஆக்சைடின் அளவையும் குறிப்பிட்டனர்.

விண்மீன்களும் காற்றுவெளியும்

ஐரோப்பாவின் என்விசாட் (2002) கோளில் காற்றுவெளியில் உள்ள சுவடுவளிகளையும், ஓசோன் அடர்த்தியாக உள்ள பிரதேசங்களையும் அளவிட ஒரு புதிய வழி அமைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 47).



படம் 47. ஐரோப்பிய தொலைஉணர்வுக்கோள், என்விசாட் (2002). இதில் உள்ள ஒரு உணர்வியால் விண்மீன்களின் ஒளியை காற்றுவெளி மறைக்கும் பொழுதும், மறைக்காத பொழுதும் எடுத்து, காற்றுவெளியில் உள்ள ஓசோனை அளவிட இயலும்.

காற்றுவெளிமூலம் வரும் விண்மீன்களின் ஒளியை அளவிட சிறப்பு அலைவாங்கி ஒன்றை உருவாக்கியுள்ளனர். விண்மீன்களின் ஒளி காற்றுவெளியால் மறைக்கப்படும்பொழுது, அவற்றின் புற ஊதா, அகச்சிவப்பு, அண்மை அகச்சிவப்பு ஆகிய கதிர்வீச்சுகளைத் தொடர்ந்து பதிவு செய்கின்றனர். காற்று வெளியில் உள்ள பல்வேறு வேதிப்பொருள்கள் விண்மீன்களின் ஒளியை மாற்றுகின்றன. இவ்விவரங்களை, கோள் காற்றுவெளிக்கு அப்பால் செல்லும் பொழுது காணும் விண்மீன் ஒளியுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர்.

கதிரவனுக்குப் பதிலாக விண்மீன் ஒளியை ஆராய்வதால் பல பயன்கள் உண்டு. கோளின் சுற்றுப்பாதையில், இரவிலும் பகலிலும் குறிப்பிட்ட விவரங்களைச் சேகரிக்கலாம். என்வி சாட்டில் உள்ள ஓசோன் கண்காணிப்புக்கருவி காற்றுவெளியின்

வெப்பநிலையையும், அடர்த்தி மாறுபாடுகளையும், ஓசோன் அழிவதால் தோன்றும் வேதியல் மாற்றங்களையும் பதிவு செய்யும். காற்றுவெளியின் மேல் படிவத்திற்கும் கீழ்படிவத்திற்குமிடையே மேலிருந்து அடிவரை உண்டாகும் ஆற்றல் பரிமாற்றத்தை அறியவும் இயலும். இருபதிற்கும் மேற்பட்ட சுவடு வளிகளை ஒரே சமயத்தில் அளவிட்டு, காற்றுமண்டலத்தின் வெவ்வேறு அடுக்குகளின் வெப்பநிலையை அக்கோள் காட்டும் (படம் 48).

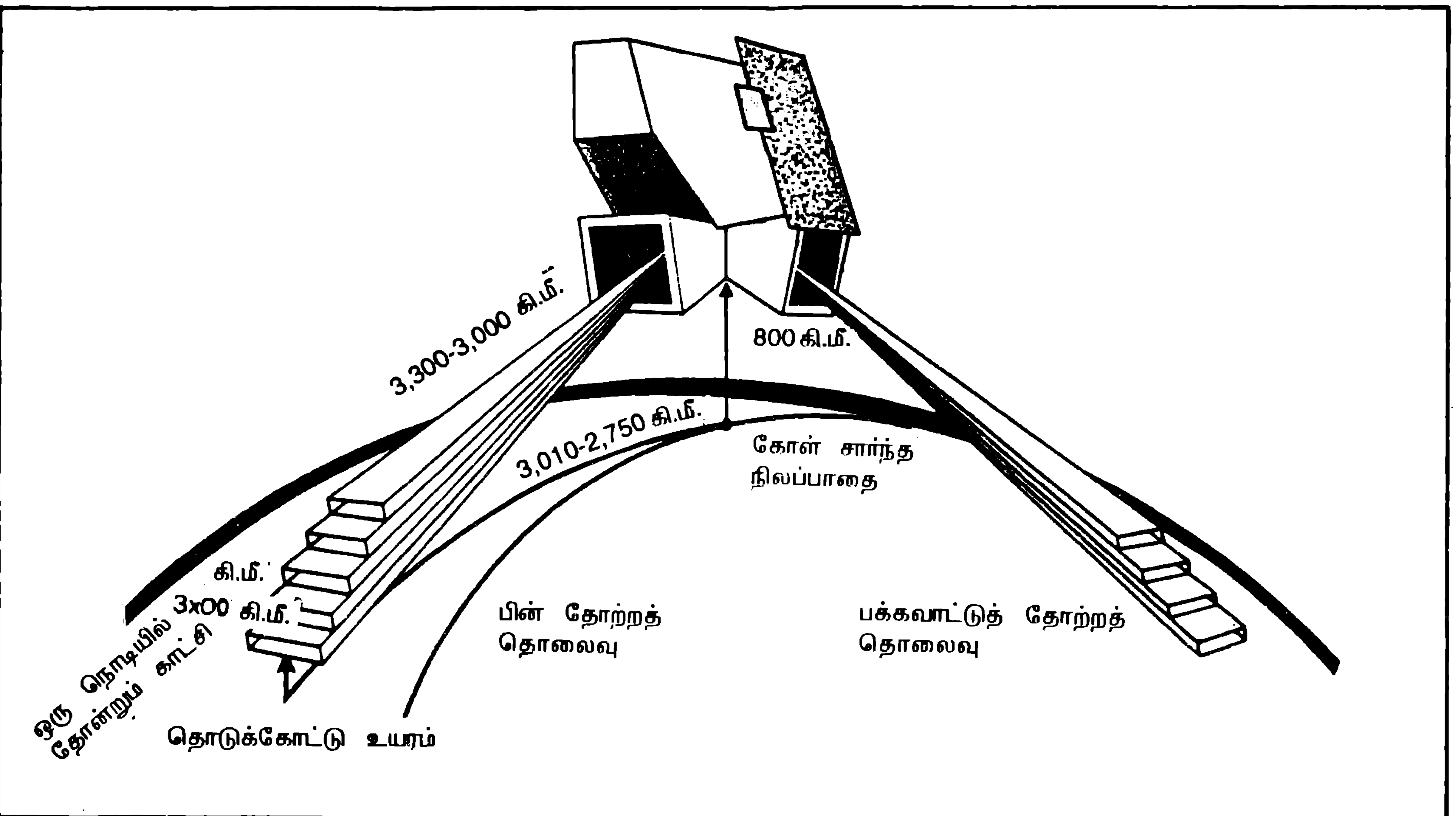
புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள காற்றுவெளி அடுக்கையும், என்விசாட் கோள் உற்று நோக்கும்; சாதாரணமாக, விண்ணிலிருந்து இந்த அடுக்கை ஆராய்வது கடினம். காற்றும், கடலும், நிலமும் சேரும்பொழுது ஏற்படும் வினைகளையும் என்விசாட் ஆராயும்.

1991இல் ஏவப்பட்ட ரஷ்யாவின் ஆல்மாஸ் (Almos) என்ற கோளில் ரேடார் உள்ளது. அதனால் ஒளியை மறைக்கும் மேகக் கூட்டங்களை ஊடுருவி, காற்றுவெளியின் மேற்படிவத்தையும், அதற்கு மேலாக உள்ள அடுக்கு வெளியையும் ஆராயலாம் என்றுள்ளனர்.

புவியின் வெப்பம்; ஒரு வரவு செலவுக் கண்ணோட்டம்

புவியின் வெப்பப் பகுதிகள் தாம் ஏற்கும் கதிர்வீச்சைக் காட்டிலும் அதிகமான வெப்பத்தை வெறியேற்றுகின்றன. துருவப் பிரதேசங்கள் வெப்பத்தை பெறுவதே இல்லை. வெப்ப வேறுபாடுகள் வானிலையை உருவாக்குகின்றன. அமெரிக்கக் கோள் ஒன்று புவியின் வெப்ப நிலையை அறிய 1984லிருந்து ஆறு ஆண்டுகள் செயல்பட்டது. 1981இல் புவியை நோக்கிவரும் கதிரவனின் வெப்பத்தையும் அமெரிக்காவின் கோள் ஒன்று ஆராய்ந்தது. இதைத் தவிர நோவா (NOVA) என்ற வானிலைக் கோள்களும் காற்றுவெளியின் வெப்பத்தையும், கடல்மட்டத்தின் வெப்பத்தை யும், காற்றில் ஈரத்தையும், அன்றாடம் பதிவு செய்து வருகின்றன. அவ்விவரங்களை இதர நாடுகளும் நேரடியாகப் பெறலாம்.

மேகங்களும், பனிப்போர்வைகளும் கதிரவனின் வெப்பத்தில் 30 விழுக்காட்டை திருப்பி விண்வெளிக்கு அனுப்பிவிடுகின்றன. பிறை நிலாவின் கருப்பு ஓரத்தில் காணப்படும் மங்கலான ஒளி புவியின் கதிர்வீச்சைக் குறிக்கின்றது. உலகில் வெப்பம் அதிகரித்து விட்டால், புவி பிரதிபலிக்கும் ஒளி மங்கலாக இருக்கும் என்று கூறுகின்றனர். உலக வானிலை, புவியின் ஒளிப்பிரதிபலிப்பிற்கு



படம் 48. காற்றுவெளியில் புவியின் அடிவானத்திலிருந்து வெளியேறும் கதிர்வீச்சுகளை நடு அகச்சிவப்பு அலைகளில் காண்கின்றது. இம்முறைப்படி, இருபதிற்கும் அதிகமான வேதிப்பொருட்களின் 'சுவடுகளை' ஒரே சமயத்தில் அளவிட முடியும்.

ஏற்றவாறு அமையும் என்றும் கூறுகின்றனர்.

1992இல் ஐரோப்பிய கோள், யூரேகா, (Eureca) ஒன்பது மாதங்கள் காற்றுவெளிக்கும் மேலாக புவியைச் சுற்றி, கதிரவனின் கதிர்வீச்சில் தோன்றும் ஏற்றத் தாழ்வுகளை காற்றுவெளியின் குறுக்கீடு எதுவும் இன்றி ஆராய்ந்தது. கதிரவனின் ஆற்றல் சுமார் 0.5 விழுக்காடு குறைந்தாலும், 16, 17ஆம் நூற்றண்டுகளில் தோன்றியபடி சிறிய பனியுகமே வந்துவிடுமோ என்று சிலர் அஞ்சுகின்றனர்.

வெப்பக்காடுகளும் பசுமைக்கூட வளிகளும்

சாகுபடிக்கு நிலம் வேண்டி மேம்பாடு அடைந்து வரும் நாடுகளின் காடுகள் அதிக அளவில் வெட்டப்படுகின்றன. இதனால், கரி யமில வாயு அதிகமாக வெளியேறி புவியின் காற்று வெளியில் கலக்கின்றது; காற்றுவெளி பசுமைக்கூட வளிகளை ஈர்த்துக் கொள்ளும் ஆற்றலைக் குறைக்கின்றது. இதைத் தொடர்ந்து, உலகின் வெப்பநிலை உயர்ந்து வருகின்றது என பல வல்லுநர்கள் எச்சரிக்கிறார்கள்.

காடுகள் வெட்டப்படுவதால், மரங்களிலிருந்து சுமார் ஒரு பில்லியன் டன் கரியமில வாயு வெளியேறுகிறது. நிலத்தில் உள்ள கரியமில வாயுவும் அகற்றப்படுகிறது. மரங்கள் தாமாக அழிவதைக் காட்டிலும், எரிக்கப்பட்டால் கரியமில வாயு வேகமாக வெளி யேறுகிறது. ஒவ்வொரு வினாடியும், ஒரு ஏக்கர் வெப்பக்காடு வெட்டப்படுகிறது என்று மதிப்பிட்டுள்ளனர். இவற்றின் கரியமில வாயுவை ஏற்றுக் கொள்ளும் அடைப்பானாக காடுகள் விளங்க வேண்டுமானால், மரங்களைத் தவிர, வளரும் எல்லா செடிகொடிகள் அனைத்துமே அதிகரிக்க வேண்டும். நிலத்திலும் உயிரிகள் உண்டாக்கும் இயற்கைவளம் பெருக வேண்டும். சீர்குலைந்த நிலத்தை மீண்டும் செழிப்பாக்கினால் காற்றுவெளியின் கரியமில வாயு குறையும் வாய்ப்பு ஏற்படும். உலக மக்கட்தொகை கடந்த நூறு ஆண்டுகளில் நான்கு மடங்கு அதிகரித்திருந்தாலும், சாகுபடிக்கு ஏற்ற நிலம் 2½ மடங்கே அதிகரித்துள்ளது. மேலும், காடு வெட்டப்பட்ட நிலங்களில் அரைப்பங்குதான் சாகுபடிக்குக் கொண்டுவரப்பட்டுள்ளது. சீர்குலைந்த நிலத்தைச் சரிப்படுத்தினால், காடுகள் மேலும் அழிவது குறைக்கப்படலாம்.

உலக மக்கட் தொகையில் நான்கில் ஒரு பங்கே வகிக்கும் மேலைநாட்டவர், உலகின் தொல்படிவ எரிபொருளிலிருந்து வரும்

கரியமில வாயுவில் 70 விழுக்காட்டை வெளியேற்றியுள்ளனர். மேலும், அந்நாடுகள், தொழிற்புரட்சி தோன்றியபின், 1890லிருந்து 1986 வரை உலகில் தோன்றிய கரியமில வாயுவில் 65 விழுக் காட்டை காற்றுவெளியில் தள்ளி உள்ளன. மேம்பாடு அடைந்து வரும் நாடுகளின் பங்கு 15 விழுக்காடுதான். ஆகவே, அதிக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி வாழும் மேம்பாடு அடைந்த நாடுகள், மேம்பாடு அடைந்துவரும் நாடுகளுக்கு, சுற்றுப்புற சூழலுக்கேற்றபடி உற்பத்தி முறைகளைப் புகுத்த உதவ வேண்டுமென்ற கோரிக்கை வலுவடைந்துள்ளது.

சில மேலைநாட்டு வல்லுநர்கள், மேம்பாடு அடைந்துவரும் ஆசியநாடுகள் மீதேன் என்ற கரிம வளியை வெளியேற்றுகின்றன என்று குறைகூறியுள்ளனர். நெல் பயிரிடுதல், உரமிடுதல், கால்நடையின் உணவு, திண்ம கழிவுப்பொருள்ளை அப்புறப் படுத்துதல், செடிகொடிகள் வாடுதல் போன்றவை எல்லாம் மீதேன் வளியை அதிகமாக்கியுள்ளன என்று கூறுகிறார்கள். இது உண்மையே என்றாலும், எந்த அளவிற்கு மீதேன் மேலே சென்றுள்ளது என்று திட்டவட்டமாகத் தெரியாது. மேலும், நூறு ஆண்டுகளுக்கு மேல் காற்றுவெளியில் சுற்றிக் கொண்டே உள்ள கரியமில வாயுவைப் போலன்றி, 10 முதல் 15 ஆண்டு வரைதான் காற்றுவெளியில் மீதேன் தங்குமென்று தெரிய வந்துள்ளது.

19

உலக வானிலைக் கண்காணிப்பு

வானிலை பற்றி நமக்குத் தெரிந்த தொன்றுதொட்ட வகைப்பாட்டு ஆய்வுக் கட்டுரை, கி.மு. 350இல் கிரேக்க மேதை அரிஸ்டாடில் இயற்றியதாகக் கருதப்படும் நூலே. அதற்குப் பிறகு பல நூற்றாண்டு களில் வானிலை பற்றிய கருத்துகளில் பெரிய மாற்றம் ஏதும் ஏற்படவில்லை. மழையோ, புயலோ வருமென்று உறுதியான முன்னறிவிப்புகளைக் கூற இயலவில்லை.

வானிலையை விஞ்ஞான அடிப்படையில் ஆராய உதவிய முதல் கருவி, இத்தாலிய மேதை, கலீலியோ கண்டுபிடித்த வெப்ப மானியே. அவரது மாணவர், டோரிசெல்லி (Torricelli) அழுத்த மானியை 1643இல் கண்டுபிடித்தார். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் தான் வணிகக் காற்றுகளைப் பற்றியும், புவியின் சுழற்சியால் அவை அடையும் நிலையையும் ஓரளவிற்குப் புரிந்து கொண்டனர். காற்றின் அடர்த்தி உயரே செல்லச் செல்லக் குறையும் என்பதை, 1648இல் ப்ளாய்சே பாஸ்கல் (Blaise Pascal) (1623-1662) சுட்டிக் காட்டினார். 1714இல் ஜெர்மானிய இயல்பியல் வல்லுநர் காப்பிரியேல் (D. Gabriel 1686-1736) வெப்பமானியில் பாதரசத்தை உபயோகித்தார். முப்பது ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, ஆன்திரே செல்சியஸ் (Andre Celsius) 1701-1741 என்ற ஸ்வீடன் நாட்டு வல்லுநர் வெப்பத்தை சென்டிகிரேட் அளவில் காட்டினார்.

ஜோசப் பிளாக் (Joseph Black–1728-1799) கரியமில வாயுவை உண்டாக்கிக் காட்டினார். இதைத் தொடர்ந்து ஹென்ரி காவென்டிஷ் (Henry Cavendish 1731-1810) என்பவர் 1766இல் நீர்வளியையும், டானியல் ருத்தர்போர்டு (Daniel Rutherford 1749-1819) 1772இல் நைட்ரஜன் வளியையும் கண்டுபிடித்தனர். 1774இல் ஜோசப் பிரீஸ்டிலி (Joseph Priestley 1733-1804) உயிர்வளியைக் கண்டுபிடித்தார். இந்தப் பெயர் அவ்வளிக்கு லவோசியர் (Lavoisier

1743-1794) என்ற பிரஞ்சுக்காரரால் கொடுக்கப்பட்டது. பிரீஸ்டிலிக்கு இரு ஆண்டுகளுக்கு முன்பே, உயிர்வளியை வில்லியம் ஸ்கீல் (William Scheele) என்பவர் (1742–1786) கண்டுபிடித்தார்; குளோரின் வளியை தனியாக அகற்றிக் காண்பித்தார்.

பாரிஸ் நகரின்மேல் 1783இல் பலூனில் மான்ட்கோல்பியர் (Montgolfier) சகோதரர்கள், ஜோசப் மிசேல் (Joseph Michel 1740-1810), ஜாக் இதியேன் (Jacques Etienne 1745-1799) பறந்து உலகின் முதல் வானவெளி வீரர்களானார்கள். அப்பொழுதுகூட காற்றில் பொருட்கள் மிதக்கலாம் என்று ஒரு சிலரே நம்பினார்கள்! ஆளில்லா பலூன்களே வானிலை கண்காணிப்பிற்குப் பயன் படுத்தப்பட்டன. 1853இல் கிரிமியா போரில், பிரஞ்சு கப்பல்படை புயலால் சேதம் அடைந்ததை அடுத்து, பிரஞ்சு வானியலார், ஜோசப் லெவிரியர் (Joseph Leverrier 1811-1877) புயல்களின் போக்கைப் பின்பற்றி கவனிக்கலாம் என்றும், பல நிலையங் களிலிருந்து வானிலை அறிக்கைகளைக் கொண்டு புயலின் போக்கை முன்கூட்டிச் சுட்டிக்காட்டலாம் என்றும் பரிசோதனை மூலம் உறுதிப்படுத்தினார். அதற்கு பத்தாண்டுகளுக்கு முன்பு (1844இல்) சாமுவேல் மார்ஸ் (Samuel Morse 1791-1872) கண்டுபிடித்த மின் தந்தி அவரைப் பெரிதும் ஊக்குவித்தது.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் வானிலையை ஆராய பல நிறுவனங்கள் அமைக்கப்பட்டன. அவற்றில் இந்திய வானிலை இலாக்காவும் (1875) ஒன்று. உயர்மட்டத்தில் உள்ள காற்றை ஆராய பிரான்ஸ் நாட்டில் பலூன்கள் செலுத்தப்பட்டதை அடுத்து, வானிலை முன்னறிவிப்புகளைக் கூற புதிய முறைகள் இருபதாம் நூற்றாண்டின் முதல் இருபது ஆண்டுகளில் உருவாகின. அவை கணிதம், புள்ளிவிவர இயல் போன்ற துறைகளை அடிப் படையாகக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டன. முதல் உலகப் போருக்குப் பிறகு அமெரிக்காவில் வானிலையைக் கண்டறிய விமானங்களைப் பயன்படுத்தினர். தொலைத் தட்டெழுத்தின் மூலம் வானிலைத் தொடர்புகளை அமைத்தனர். இரண்டாம் உலகப்போரில் ரேடார் புயலைக் கண்டுபிடிக்க உதவியது. 1946இல் மேகங்களில் மழைக்காக வேதியியல் 'விதைகளை'த் தூவி பரிசோதித்தனர். 1950இல் வானிலையை அறிய சிறு ஏவுகணை களை ஏவினர். கணிப்பொறி கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு, அமெரிக்காவின் பிரின்ஸ்டன் ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் கணிப் பொறிமூலம் வானிலையை அறிய பரிசோதனைகளைச் செய்தனர். விண்வெளிக் காலம் துவங்கியபின், வானிலையை அறியும்

கருவிகளை புவியைச் சுற்றும் கோள்களில் அனுப்பினர்.

1960, ஏப்ரலில் டைரோஸ்-1 (Tiros–1) என்ற அமெரிக்க வானிலைக்கோள் செலுத்தப்பட்டபின், கோள்மூலம் வானிலை ஆய்வு துவங்கியது என்று கூறலாம். ஆனால் முதலில் செலுத்தப் பட்ட கோள்கள் பெரும்பாலான நேரம் புவியைப் 'பார்க்காமல்', துருவங்களைக் கடக்காமல் சுற்றின. படிப்படியாக முன்னேறி, கதிரவனுடன் இணைந்து இயங்கி துருவங்களுக்கு அருகே புவியைக் கடந்து சுற்றும் கோள்கள் வானிலை உணர்விகளுடன் செலுத்தப்பட்டன. 1963இல் வானிலைக் கோளின் தகவலைப் பெற குறைந்த செலவில், எளிமையான வரவேற்பு மையங்களை அமைத்தனர். மூன்றே நிமிடங்களில் கோள் அளித்த தகவல்களை ஒரு மையத்தில் பெற இயன்றது. பல நாடுகளில் தானே இயங்கும் பதிவு மையங்கள் அமைக்கப்பட்டன. தொழிற்நுட்ப வளர்ச்சியின் விளைவாக, அகச்சிவப்பு உணர்விகள் கோளில் பொருத்தப் பட்டன. மேகங்களிலிருந்தும், நிலப்பகுதியிலிருந்தும் கதிர்வீச்சை அவை கைப்பற்றின. இரண்டாம் தலைமுறை டைரோஸ் கோள்கள் பகலிலும் இரவிலும் மேகக் கூட்டங்களைக் படம் பிடிக்க முடிந்தது. 1960-65இல் டைரோஸ் வரிசையும், பின்னர் சுற்றுப்புற சூழ்நிலை நிர்வாகக் கோள்கள் ஒன்பதும், மேம்பாடான டைரோஸ் (1970) கோள்களும் செலுத்தப்பட்டன. 1979லிருந்து நோவா என்ற வரிசையில் அமெரிக்க தேசிய கடல் காற்றுவெளி நிர்வாகத்தின் கோள்கள் இயங்க ஆரம்பித்தன. இரு நோவா கோள்கள் 854 கி.மீ. உயரத்தில் துருவங்களுக்கருகே சென்று கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றிய வண்ணமே இருக்கின்றன. 1990இல் உலகில் அண்மையில் தோன்றிவரும் 'எல்நினோ' என்ற அசாதாரணமான வானிலை பற்றி இரண்டு நோவாக் கோள்கள் (14, 15) முன் அறிவிப்பு கொடுத்தன.

நிம்பஸ் வரிசை

வானிலை உணர்விகளிலும், கோள்களிலும் ஆராய்ச்சிசெய்து மேம்பாடு அடைய நிம்பஸ் என்ற புதிய வானிலைக் கோள் வரிசையை அமெரிக்கா 1964இல் துவங்கியது. செலுத்தப்பட்ட முதல் நாளே, நிம்பஸ்–1 ஒரு சூறாவளிக் காற்றைக் கண்டுபிடித்து வானிலைக் கண்காணிப்பில் கோள்களால் வரும் பயனை அறிவித்தது. நிம்பஸ் 2 கடலின் உள் நீரோட்டம், ஏரி ஆகியவற்றின் வெப்பத்தைப் பதிவு செய்து, சுற்றுவெளியின் நீராவியும், கரியமில

வாயுவும், ஓசோனும் புவியின் வெப்ப ஈர்ப்பையும், போக்கையும் மாற்றவல்லன என்பதைச் சுட்டிக்காட்டியது.

1969இல் நிம்பஸ்–3 இத்துறையின் தொழில் நுட்பத்தை மேம்படுத்தி காற்றுவெளியின் பல்வேறு உயரங்களில் கரியமில வாயு, அகச்சிவப்பு கதிர்வீச்சை ஈர்த்துக் கொள்வதை அளவிட்டு, அதன்மூலம் காற்றுவெளியின் வெப்பநிலைகளை அறிவித்தது. வானிலைத் தகவல்களை தொலைவில் உள்ள வானிலை மையங்களுக்கு கோள்மூலம் அனுப்பலாம் என்பதையும் உறுதிப் படுத்தியது. நிம்பஸ்–4 பிரிட்டன் செய்த உணர்வி ஒன்றை ஏற்றிச் சென்றது. காற்றுவெளியில் ஆறு உயரங்களில் (5-45 கி.மீ.) உள்ள வெப்பநிலையை 1° செ. வேறுபாட்டிற்குள் கண்டுபிடித்தது. மேலும், ஓசோன் பரவியுள்ளதையும், மேகங்களிலிருந்து 64 கி.மீ. வரை உள்ள வெப்பநிலையை அறிய அகச்சிவப்பு உணர்வி ஒன்றையும் நிம்பஸ்–4 எடுத்துச் சென்றது.

மேகக்கூட்டம், அதற்குக் கீழே உள்ள வெப்பநிலையைக் கண்டு அறிய தடங்கலாக இருப்பதால், காற்றுவெளியிலிருந்து வரும் மைக்ரோ அலைகளைக் கண்டு அதன்மூலம் வெப்ப நிலையை அறிய மைக்ரோ அலை உணர்வி என்ற புதிய கருவியை பயன் படுத்தினர். அதனால் மேகத்தை ஊடுருவி வெப்பநிலையை அறிய முடியும். 1972இல் நிம்பஸ்–5 இக்கருவியை ஏந்தி, முகில் சூழ்ந்த துருவங்களில் உள்ள கடற்பனியை மதிப்பிட்டது. மேகங்களுக்குள் இருக்கும் வெப்பநிலையும், நீராவியும் இருப்பதைப் படம் மூலம் காட்டப்பட்டது. அண்டார்க்டிகா முழுவதையும் காட்டும் வெப்ப நிலைப்படம் வரையப்பட்டது. கப்பல் போக்குவரத்திற்கு இது உதவும். நிம்பஸ்–7 (1978-1986) ஐந்து வெவ்வேறு மைக்ரோ அலை வரிசைகளில் செயல்பட்டது. இது காற்றுவெளியில் மாசு படிந் துள்ளதை அறிவித்த முதல்கோள் என்று கருதப்படுகின்றது. கடற் கரைப் பகுதியை பல நிறங்களில் காட்டும் உணர்வி கோளிலிருந்து கண்காணிக்கும் ஒரு புதிய முறையைக் காட்டியது.

புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்கள்

துருவங்களைக் கடந்து வடக்கு தெற்கு திசையில் சுற்றும் வானிலைக் கோள்கள் இரு வரம்புகளால் கட்டுப்பட்டுள்ளன. ஒன்று, பல இடங்களை நாள் ஒன்றிற்கு இருமுறைதான் அவை கண்காணிக்க இயலும். குறுகிய கால முன்னறிவிப்புகளைத் தர இயலாது. இரண்டாவதாக, உலக வானிலையை ஆராய்ந்து

முன்னறிவிப்புகளை தயார்செய்ய, வெப்பப் பகுதிகளின் காற்றோட்டங்களை ஆராய வேண்டும்; அதற்குப் புவிக்கருகே சுற்றும் கோள்கள் போதிய வாய்ப்பைத் தருவதில்லை. ஆகவே, புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்கள் தேவைப்படுகின்றன.

தொழில்நுட்ப வரிசையில் செலுத்தப்பட்ட கோள்கள் வானிலை ஆய்விற்கென சில உணர்விகளையும் எடுத்துச் சென்றன. 1974இல் அமெரிக்கா புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களை முறைப்படி செயல்படுத்தத் துவங்கியது. கண்ணிற்குத் தென்படும் அலைவரிசைகளுடன், அகச்சிவப்பிலும் அலைகளை பதிவு செய்யும் உணர்விகள், ஒரு கிலோமீட்டருக்கும் குறைவான அளவில் உள்ள இடங்களைத் தெளிவாக காண்பித்தன. அரைமணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை புவி முழுவதையும் பல நிறமாலை அலை வரிசைகளில் கோள்கள் காண்பித்தன. ஜியோஸ்–10 (GEOS–10) என்ற அத்தகைய கோள் ஒன்று 135° மேற்கு நெடுக்குக் கோட்டிலும், ஜியோஸ்–8 75° கிழக்கு நெடுக்குக் கோட்டிலும் (1995) இயங்கின.

ஐரோப்பிய வானிலைக் கோள்

ஐரோப்பிய வானிலைக் கோள், மெடியோசாட் (Meteosat) புவியுடன் இணைந்து இயங்குமாறு 1977இல் அமெரிக்காவிலிருந்து செலுத்தப் பட்டது (படம் 49). அதன் நோக்கங்கள்: புவியின் மேகப் போர்வையை ஆராய்வது; மேகத்திற்கு மேலுள்ள வெப்பநிலையை அளவிடுதல்; காற்றுவீசும் பகுதிக்கு மேலே உள்ள நீராவியின் அளவையும், (சிறிய மேகங்கள் செல்வதைக்கொண்டு) காற்றின் போக்கையும், புவியில் தங்கியுள்ள கதிர்வீச்சையும் கண்காணித்தல் போன்றவை. முப்பது நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை புவியின் கதிர்வீச்சைப் படமாக (வட்டத்தட்டு வடிவில்) இக்கோள் காண்பிக் கின்றது. ஒரு படம் அகச்சிவப்பிலும், மற்றொன்று நாம் பார்க்கக் கூடிய அலைவரிசைகளிலும் எடுக்கப்படுகிறது. ஜெர்மனியில் டார்ம ஸ்டாட் என்ற நகரில் உள்ள ஐரோப்பிய நிறுவனத்தில் இப்படங்களை வரப்பெற்று, சீராக்கி, பல இடங்களுக்கு அனுப்பு கின்றனர். இப்படங்களின் பிரதிகளை மிடியோசாட் நாள் ஒன்றுக்கு 300 வீதம் பல மையங்களுக்கு அனுப்புகின்றது.

அகச்சிவப்பில் பதிவான கடல்மட்ட வெப்ப அளவைச் சரிப்படுத்த நீராவியைப் பதிவுசெய்யும் கருவி பயன்பட்டது. இக்கோள்கள் நிலையாக இருக்க, (இன்சாட் கோள்களைப் போலன்றி) அவற்றின் வடக்கு தெற்கு அச்சில் நிமிடத்திற்கு 100

மிடியோசாட் இரண்டாம்
தலைமுறை செயற்கைக்கோள்

மாற்றுக்கோள்
செயல்படும்கோள்
திருத்தப்பட்ட படங்கள்
உயர் ரக பட விவரம்
வானிலை அறிக்கை
விவரங்கள்
வானிலை
மைய
அறிக்கை
படத்திருத்தும், கட்டளை அலை
வானிலை மைய அறிக்கை
விவரம் வழங்குதல்
விவரம் சேகரிக்கும்
தளங்கள்
நில மையம்
விவரம் காண்போர்
மையங்கள்

படம் 49. ஐரோப்பிய வானிலைக்கோள், மிடியோசாட் புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையில் இயங்குகிறது. சுழன்றுகொண்டே நிலைப்பை அடைந்துள்ளது. (இன்சாட் கோள் இது போலன்றி மூன்று அச்சுகளில் நிலைத்து இயங்குகிறது).

முறை சுழற்றப்படுகின்றன. சாதாரணமாக, ஒரு மிடியோசாட் 0° நெடுக்குக்கோட்டிற்கு மேல் நிலைநிறுத்தப்படும்; ஆனால் 0° முதல் 20° கிழக்கு நெடுக்குக்கோடுவரை அக்கோள் நகர்த்தப்படலாம்.

1997லிருந்து 1997 வரை ஏழு மெடியோசாட் கோள்கள் செலுத்தப்பட்டன. 1995இல் யூமெட்சாட் (Eumetsat) என்ற நிறுவனம் ஐரோப்பிய வானிலைக் கோள்களின் நிர்வாகத்தை மேற் கொண்டது. மெடியோசாட்டின் இரண்டாவது தலைமுறைக் கோள்கள் இப்பொழுது செலுத்தப்பட்டு வருகின்றன. அரைமணி நேரத்திற்கு ஒருமுறை வெளியான வானிலைத் தகவல்ள் 15 நிமிடங்களுக்கு ஒருமுறை கிடைக்கத் துவங்கின. மெடியோசாட்–5 1998-99இல் இன்டோஎக்ஸ் (Indoex) என்ற பன்னாட்டு இந்தியக் கடல் பிரதேச வானிலை பரிசோதனையில் கலந்துகொள்ள 63° கிழக்கு நெடுக்குக்கோட்டிற்கு செலுத்தப்பட்டது.

மெடியோசாட்–5 சேகரிக்கும் வானிலை விவரங்களை இன்சாட் கோள் அளிக்கும் தகவல்களுடன் பரிமாறிக்கொள்ள ஒரு ஒப்பந்தம் கையெழுத்தாகியுள்ளது.

ஜப்பான், புவிமையக்கோள் ஒன்றை வானிலைக்கென (ஜி.எம்.எஸ்–5) செலுத்தியுள்ளது. சீனாவும், ரஷ்யாவும் துருவங் களைச் சுற்றும் வானிலைக் கோள்களை இயக்கி வருகின்றன. 1997இல் ஜப்பான் அமெரிக்காவுடன் இணைந்து வெப்பப் பகுதியின் மழையை அளக்க செலுத்தியுள்ளது.

துருவங்களைச் சுற்றும் மெடியோசாட் கோள்கள் (2003), காற்றுவெளியை ஆராய, உலக இடநிர்ணயக் கோள்களின் தகவல் களைப் பெற கருவி ஒன்றைக் கொண்டுசெல்லும். இடநிர்ணயக் கோள்கள் காற்றுவெளிக்குள்ளே பயணம் செய்யும் பொழுது, தொடர்ந்து அவை அனுப்பும் சமிக்ஞைகளை மெடியோசாட் கண்டுபிடிக்கும். இத்தகவல்களைக்கொண்டு காற்றுவெளியின் வெப்பநிலையையும், ஈரநிலையையும் அறியலாம்.

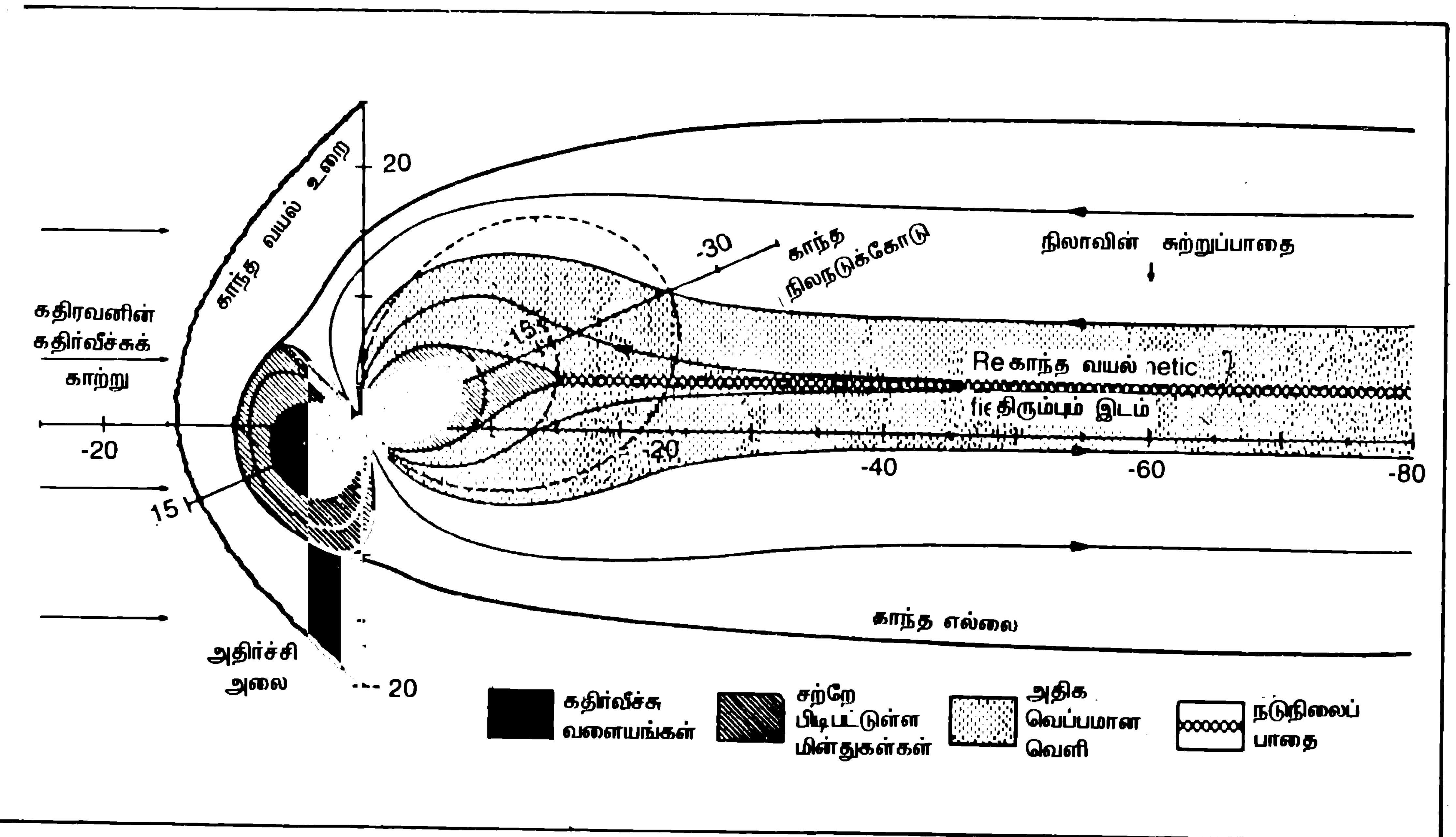
விண்வெளியில் 'வானிலை' அறிவிப்பு

பனிக்குழைக்கூம்பு வடிவத்தில் புவியின் காந்த உறை உள்ளது. இந்த உறைக்குள் புவி இயங்குகிறது (படம் 50). கதிரவனிடமிருந்து எப்பொழுதும் வீசிக்கொண்டே இருக்கும் கதிரவனின் 'காற்றிலிருந்து' புவி பாதுகாக்கப்படுகிறது. இந்தக் காற்று, மாறாத ஆற்றைப்போல் எப்பொழுதும் பாய்ந்து கொண்டேயுள்ள, மின்னேற்றம் செய்யப் பட்ட துகள்கள்தான். இந்தக் காந்த வலை கதிரவனின் திசையில்

சுருங்கியும், அதற்கெதிரான திசையில் ஒரு நீண்ட வால் போலவும் உள்ளது. கதிரவன் பக்கம், காந்த வெளி சுமார் 10 புவி ஆரம்வரை (சுமார் 60,000 கி.மீ.) உள்ளதாகவும், இரவுப் பகுதியில் 6,000,000 கி.மீ. வரை செல்வதாகவும் ஒரு மதிப்பீடு அண்மையில் அறிவித் துள்ளது. காந்த வயலுக்குள் சென்று வெளியேறும் கோள்கள் காந்த வயல்பற்றிய விவரங்களைக் கொடுத்துள்ளன. கதிரவனின் கொந்தளிப்பை ஆராய 2000இல் அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம் நான்கு கோள்களை செலுத்தியது. புவியிலிருந்து கதிரவனை நோக்கிச் செல்லும் பாதையில் புவிக்கு ஒரு லட்சம் கிலோமீட்டர் தொலைவில், கதிரவனின் மின்துகள்களைப் புவியின் காந்தவயல் தடுத்து, கதிர் வீச்சின் வேகத்தைக் குறைத்து, புவியை நேரடியாகத் தாக்காதபடி தடுத்துவிடுவதை ஒரு கோள் உறுதிப்படுத்திற்று.

காந்த வயலுக்குள் இரு கதிர்வீச்சு வளையங்கள் உள்ளன. அவை அமெரிக்காவின் முதல் ஆராய்ச்சிக் கோளால் கண்டு பிடிக்கப்பட்டவை. அந்த வளையங்களுக்கு, அவைகளை ஆராய்ச்சி செய்த விஞ்ஞானி, டாக்டர் ஜேம்ஸ் வான் அல்லெனின் (James Van Allen) பெயர் சூட்டப்பட்டுள்ளது. உள்வளையம் பிரேசில் நாட்டிற்கு 400 கி.மீ. உயரத்திலும், இந்தோனேசியா நாட்டிற்கு 960 கி.மீ. உயரத்திலும் இருக்கின்றது. வெளியே உள்ள வளையம் உள்வளையத்தைச் சுற்றி 64,000 கி.மீ. வரை பரவியுள்ளது. இந்த எல்லைகள் தெளிவாக இல்லாவிட்டாலும், இரண்டு பகுதிகளில் கதிர்வீச்சு மிக அதிகமாக உள்ளது; 1500 கி.மீ. முதல் 5,000 கி.மீ. வரையும், அதற்குப்பின் 13,000 கி.மீ. முதல் 20,000 கி.மீ வரை உள்ள பகுதிகளிலும், கோள்கள் அடிக்கடி சென்று வந்தால், கோள்களின் திறன் விரைவே குறைந்துவிடும். உள் வளையப்பிரதேசம் விண்கதிர்களால் உண்டானவை என்று கருதப்படும் முன்னணு (புரோட்டான்) துகள்களைக் கொண்டுள்ளது. வெளி வளையப் பகுதி, அதிக ஆற்றல் வாய்ந்த மின்னணுக்களைக் (எலெக்டிரான்) கொண்டுள்ளது. அது, கதிரவனில் தோன்றும் வெப்ப ஏற்றத்தால் பெரிய வேறுபாடுகளை அடைகின்றது. உதாரணமாக, எப்பொழு தெல்லாம் கதிரவனில் வெப்ப வேறுபாடுகள் அதிகரிக்கின்றதோ, அப்பொழுதெல்லாம் மின்னணுக்கள் புவியின் காற்றுவெளியுட் புகுந்து, வானில் வண்ணத் திரைகள் போல் ஒளிக்கதிர்கள் தோன்று கின்றன. இவற்றைத் துருவங்களின் அரோரா (Aurora) என்று அழைக்கின்றனர்.

புவி-கதிரவன் ஆராய்ச்சிக்குப் பன்னாட்டுக் கோள்கள் இரண்டைச் செலுத்தினர். 1977இல் முதல் கோள் செலுத்தப்பட்டது;



படம் 50. புவியின் காந்த உறை. கதிரவனின் 'காற்றால்' சுருக்கப்பட்டு, ஒரு பனிக்குழைக் கூம்புவடிவத்தில் தோற்றமளிக்கின்றது.

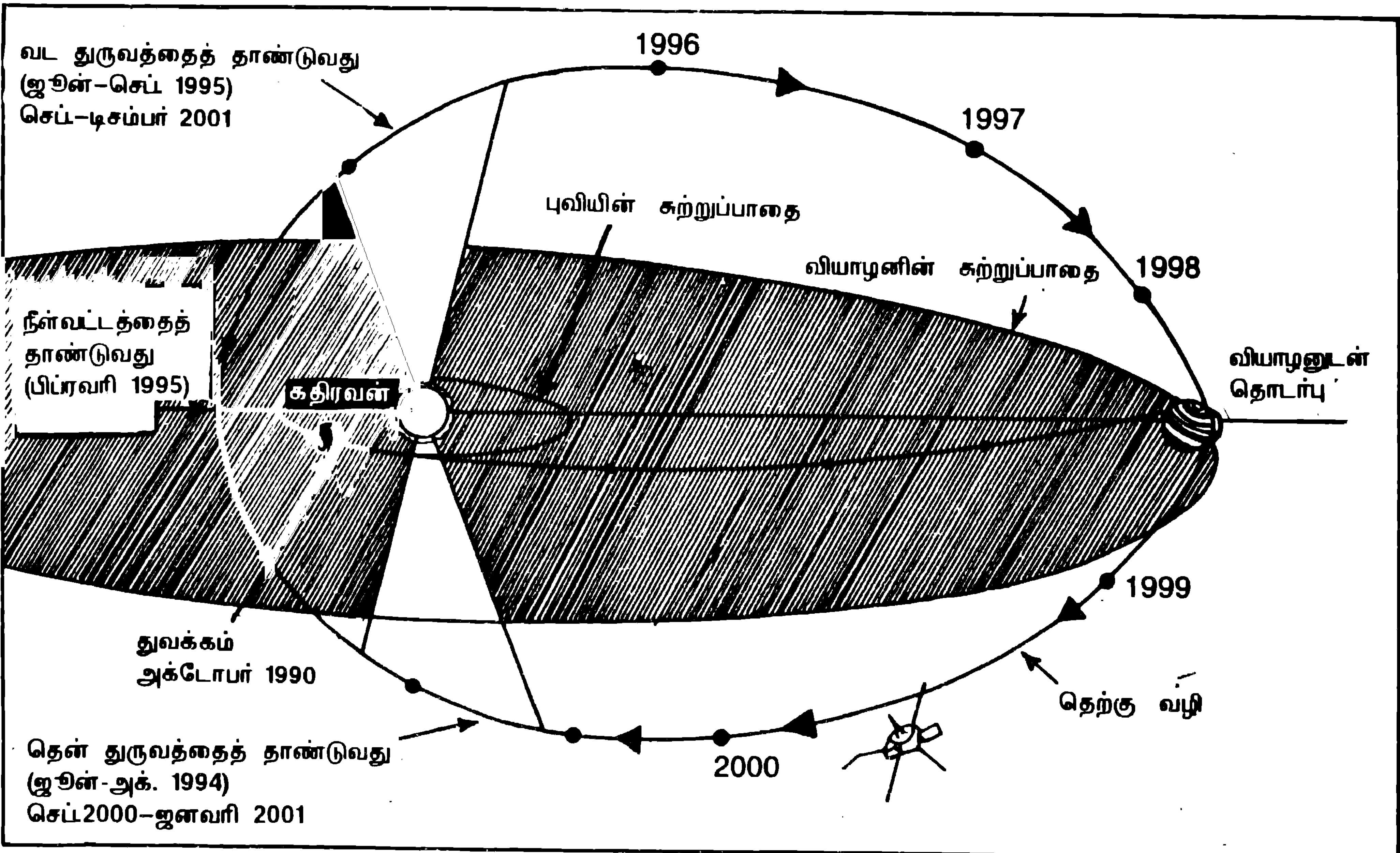
ஒரு ஆண்டிற்குப் பிறகு மற்றொன்று ஏவப்பட்டது. புவியிலிருந்து கதிரவனை நோக்கிய திசையில் 1.5 மில்லியன் கி.மீ. தொலைவில் அக்கோள்கள் நிறுத்தப்பட்டன. இப்புள்ளியில் கோளின் விசையும், புவியின் விசையும், கதிரவனின் ஈர்ப்பு விசையும், சம நிலையை எய்தும். கதிரவனின் 'காற்றை' ஆராய இது ஒரு நல்ல வாய்ப்பு. மூன்றாம் கோள் தொலைவில் உள்ள காந்த வயலை ஆராய உதவியது.

கோடையிலிருந்து கதிரவன் ஆராய்ச்சி

விண்வெளிக்காலத்திற்கு முன்பே, தமிழ்நாட்டில் கொடைக்கானல் மலையில் கதிரவன் ஆராய்ச்சி நிலையம் ஒன்றை நிறுவினர். 1904லிலிருந்து கதிரவனின் படங்களைத் தொடர்ந்து எடுத்து வைத்துள்ள சாதனையை அந்த நிலையம் செய்துள்ளது. 1868இல் கதிரவனின் மறைப்பை இந்நாட்டிலிருந்து பார்த்த ஒரு பிரஞ்சு வானவெளி வல்லுநர், கதிரவனின் ஒளி நிறப்பட்டையில் வினோதமான மஞ்சள் கோட்டைக் கண்டார். பிறகு அந்தக் கோடு இலியம் (Helium) என்ற வளி இருப்பதை உணர்த்துவதாக அறிவிக்கப்பட்டது. சில காலத்திற்குப்பிறகு, பரிசோதனைக் கூடத்தில் அந்த வளியை உறுதிப்படுத்தினர்

புகழ்பெற்ற இந்திய விஞ்ஞானி, மேக்நாத் சஹா (Meghnath Saha–1893-1956) கதிரவனின் நிறமாலையை 50 கி.மீ. உயரத்தில் பலூன்களிலிருந்து படம் எடுக்க யோசனை கூறினார். கதிரவனின் நிறமாலையில் நீர்வளி இருக்குமென்றும், X–கதிர்கள் கதிரவனிடமிருந்து வரும் என்றும், விண்வெளியில் மூலக்கூறுகள் இருக்குமென்றும் அன்றே சஹா கூறினார்.

கதிரவனின் துருவங்களுக்கு மேலும், கீழும் உள்ள விண்வெளியை ஆராய்ந்துவரும் முதற்கோளின் பெயர் யூலிசிஸ் (Ulysses). ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் இக்கோள் 1990 இல் அக்டோபர் 6ம் தேதியன்று அமெரிக்க 'ஷட்டில்' விண்கலத்திலிருந்து செலுத்தப்பட்டது. அதுவரை எல்லா விண்கலன்களும், புவியும் பல இயற்கைக் கோள்களும் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் விண்வட்டத்தின் சமதளத்திற்கு சற்றே விலகிய கோணத்தில்தான் செலுத்தப்பட்டன. கதிரவனின் துருவங்களைச் சுற்றிவர யூலிசிஸ் விண்வட்டத்திற்கு நேர் செங்குத்தான நீள்வட்டப்பாதையில் செலுத்தப்பட்டது. யூலிசிஸ் முதற்கண் வியாழன் கோளைச் சுற்றி, அதன் ஈர்ப்பு விசையைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, இரண்டரை



படம் 51. கதிரவனின் துருவங்களின் மேல் சென்ற முதற்கோள், யூலிசிஸ். 1992இல் ஏவப்பட்ட இக்கோள் வியாழன் கோளைச் சுற்றி, கிடைத்தவிசையைக் கொண்டு 1998இல் கதிரவனின் துருவங்களின்மேல் சென்றது.

ஆண்டுகள் பயணத்திற்குப் பின், கதிரவனின் தெற்கு துருவத்திற்கு மேல் கடக்குமாறு, செலுத்தப்பட்டது. 1994இல் கதிரவனின் தென் துருவத்தைக் கடந்தது. 1998இல் அதன் துருவங்களுக்கு 300 கி.மீ.க்கப்பால் இருமுறை கடந்துசென்றது. இப்பகுதியை அதுவரை எந்தக் கோளும் ஆராய்ந்ததில்லை. கதிரவனின் 'காற்றை' பல கோணங்களிலிருந்து ஆராய்ந்தது. கதிரவனின் துருவங்களிலிருந்து 'வீசப்படும்' இக்காற்று வினாடிக்கு 750 கி.மீ. வேகத்தில் வருகின்றது எனவும், கதிரவனின் மையக் கோட்டிலிருந்து வீசப்படும் காற்றின் வேகம் வினாடிக்கு 350 கி.மீ.தான் என்றும் கண்டுபிடித்தது. கதிரவனின் சூழ்நிலைப்பற்றிய நமது கண்ணோட்டத்தையே இக்கோள் மாற்றிவிட்டது. யூலிசிஸ் கதிரவனின் துருவங்களை மீண்டும் 2001இல் கடந்தது. (படம் 51).

கதிரவனின் 'காற்றின்' மூலத்தைக் கண்ட மற்றொரு கோள் சோஹோ (SOHO). இது அமெரிக்க ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனங்களின் இணைந்து இயங்கும் கோள். புவியிலிருந்து 1.6 மில்லியன் கி.மீ. தொலைவில் (லக்ரான்ஞ்சியன் புள்ளி 1) கதிரவனை இக்கோள், இடைவேளையின்றி 'பார்த்துக்' கொண்டே உள்ளது.

1999இல் சோஹோ கதிரவனின் காந்தத் தடுப்புகளிலிருந்து ஆற்றோட்டம்போல் மின்னோட்ட வளிகள் வெளியேறுவதைக் கண்டது. இந்த வளிதான் மணிக்கு மூன்று மில்லியன் கி.மீ. வேகத்தில் கதிரவனின் 'காற்று' என ஓட்டம் பிடிக்கின்றது என்று கூறுகின்றனர். இநத ஆராய்ச்சி கதிரவனின் ஆபத்தான வெடிப்புகள் எப்பொழுது தோன்றும் என முன்கூட்டியே அறிய உதவும். ஏனெனில், கதிரவனின் அசாதாரணமான கதிர்வீச்சால் சீர்குலையும் பல தொழில்நுட்பங்களை நாம் நம்பியுள்ளோம். கதிரவனின் 'காற்று வெளி' அதன் நிலத்தைவிட அதிக வெப்பமாக உள்ளது ஏன் என்ற புதிரையும் இக்கோள் விளக்கியுள்ளது.

2000 மார்ச் 25 இல் 'இமேஜ்' என்ற கோளை புவியின் காந்த வெளியை ஆராயச் செலுத்தினர். அது ஒரு நீள்வட்ட சுற்றுப் பாதையில் 1000 கி.மீ. அண்மைத் தொலைவிலும், 46,560 கி.மீ. சேய்மைத் தொலைவிலும் இயங்கி வருகிறது.

20

இன்றைய வானிலை, இன்சாட்டிலிருந்து!

வானிலை முன்னறிவிப்பிற்குப் பயனாகும் படங்கள் செயற்கைக் கோள்கள்மூலம் 1960இல் இந்நாட்டில் வரத்தொடங்கின. 1963இல் மும்பை நில மையம் ஒன்று அமெரிக்க டைரோஸ்–8 (TIROS–8) என்ற வானிலைக்கோள் இந்தியத் துணைக்கண்டத்தின் மேல் எடுத்த மேகத் தொடர்களைப் பதிவு செய்தது. ரஷ்யாவின் மெடியோர் (Meteor) வானிலைக் கோள்கள் அனுப்பிய படங்களும் இந்நாட்டிற்குக் கிடைத்தன. இந்திய வானிலை நிறுவனம் மேகக்கூட்ட ஆய்வை மேற்கொண்டது. இமயத்தின் பனிக்கட்டிகளையும், பனி உருகி நீர் சேரும் இடங்களையும் ஆராய்ந்தது. வானிலை பற்றிய பன்னாட்டு ஆராய்ச்சிகளில் இந்தியா பங்கேற்றது. 1963-64இல் உலக 'அமைதிக் கதிரவன்' ஆண்டுத் திட்டத்திலும், 1979இல் பருவமழை ஆய்வுப் பயணத்திலும், 1980இல் கதிரவன் மறைவின்பொழுது, ஏவுகணைமூலம் நடைபெற்ற ஆராய்ச்சியிலும் இந்தியா பங்கேற்றது.

உள்நாட்டு வானிலை அறிவிப்பிற்கு, இந்நாட்டின் இன்சாட் கோள்களைப் பயன்படுத்தத் துவங்கியபொழுது, நம்நாட்டு வானிலை வல்லுநர்கள் வானிலையை ஆராய்வதில் கோள்களின் பங்கை நன்கு அறிந்திருந்தார்கள். ஆகவே, வானிலை ஆய்வுக்கென பல முன்னேற்றங்களை பிரதிபலிக்கும் உணர்வுக் கருவிகளை இன்சாட் கோளில் பொருத்தினர். குறிப்பாக, புவியின் ஒளிப் பிரதி பலிப்பையும், அதன் வெப்பக்கதிர்வீசும் திறனையும் அறிய ரேடியோமீட்டர் என்ற கருவி இரு நிறமாலைப் பட்டைகளில் செயல்பட்டது; ஒன்று, கண்ணிற்குப் புலனாகும் அலைவரிசை (0.55—0.75 மை.மீ.); மற்றொன்று, அகச்சிவப்பு அலைவரிசை (10.5—12.5மை.மீ.). ரேடியோ மீட்டர் 'பார்க்கும்' நிலப்பரப்பு

கண்ணிற்குத் தென்படும் அலைவரிசையில் 2.75கி.மீ. சதுரமாகவும், அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் 11 கி.மீ. சதுரமாகவும் இருந்தது.

வானிலைக் கருவி செவ்வனே இயங்க, கோளின் வெப்பம் அதைத் தாக்காது காக்கவேண்டியிருப்பதால், முதல் ஆறு இன்சாட் கோள்களின் வடிவத்தை சற்று வேறுவிதமாக அமைத்தனர். கதிரவனின் ஒளியைக் கொண்டு மின்ஆற்றல் பெறும் பலகைகளை கோளிற்குக் கீழே பொருத்தினர். வானிலைப் பதிவுப்படம் எடுக்கும்பொழுது, கதிரவனின் ஒளிப் பலகைகளை அசைப்பதோ, கோளின் உந்துவிசையைப் பயன்படுத்துவதோ நிறுத்தப்படும்.

இரண்டாம் தலைமுறை இன்சாட் கோள்களில் (நம் நாட்டில் செய்யப்பட்டவை) வானிலைக்கென்று தனியாக அலைப்பரப்பி களை அமைத்தனர். அவற்றின் ரேடியோ மீட்டர்கள், முதல் தலைமுறைக் கோள்கள் எடுத்துச்சென்ற வெளிநாட்டுக் கருவிகளை விட அதிகத் திறன் பெற்றிருந்தன. அதிகத் தெளிவுடன் படங்கள் எடுக்கப்பட்டன. ரேடியோ மீட்டர் மூன்று விதமாகச் செயல்படு கிறது. ஒன்று, சுமார் 33 நிமிடங்களில் முழு புவியையும் அதன் சுற்றுப்புறத்தையும் 20x20 பரப்பில் படமாகக் காட்டுகிறது. இரண்டு, சுமார் 23 நிமிடங்களில் வடக்குத் தெற்கு திசையில் 14°, கிழக்கு மேற்கு திசையில் 20° என்ற பரப்பளவில் படங்களைப் பதிவு செய்கிறது; மூன்று, வடக்கு தெற்கு திசையில் 4.5° வரையும் கிழக்கு மேற்கு திசையில் 20° வரையும் உள்ள பிரதேசத்தில் ஒவ்வொரு 0.5°க்கும் ஒரு படமாகப் பதிவு செய்கிறது. கிழக்கு-மேற்கு திசையில் 20° கோணத்தில் எடுக்கப்படும் படம், புவி முழுவதையும் காண்பிக்கும்; ஏனெனில் கோள் செயல்படும் சுற்றுப்பாதையி லிருந்து 17.5° கோணத்திற்குள் புவி முழுவதும் தென்படும்.

தொலைநோக்கி வழியாகக் கோளிற்குள் வரும் ஒளிக்கற்றையை, கோளின் ரேடியோமீட்டர் அகச்சிவப்பு அலைகளாகவும், கண்ணிற்குப் புலனாகும் அலைவரிசையாகவும் பிரித்து, அவற்றைக் கண்டுகொள்ளும் உணர்விகளுக்கு அனுப்புகிறது. அலைவரிசை களின் ஆற்றலை வரிவரியாக அலகிட்டு, ரேடியோமீட்டர் பதிவு செய்கின்றது. கிழக்கு-மேற்காக உள்ள கோட்டின் இறுதிப்பகுதியில், அலகிடும் கருவி திசை திரும்பி மீண்டும் வரிவரியாகப் பதிவு செய்கின்றது. இந்தக் கருவி குறிப்பிடும் தகவல்கள் மைக்ரோ அலைகளாக மாற்றப்பட்டு, நில மையங்களுக்கு அனுப்பப்படு கின்றன.

கோளிற்குத் தகவல் சேகரிக்க 200 இடங்களில், ஆள் உதவி யின்றித் தானே இயங்கும் தடங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

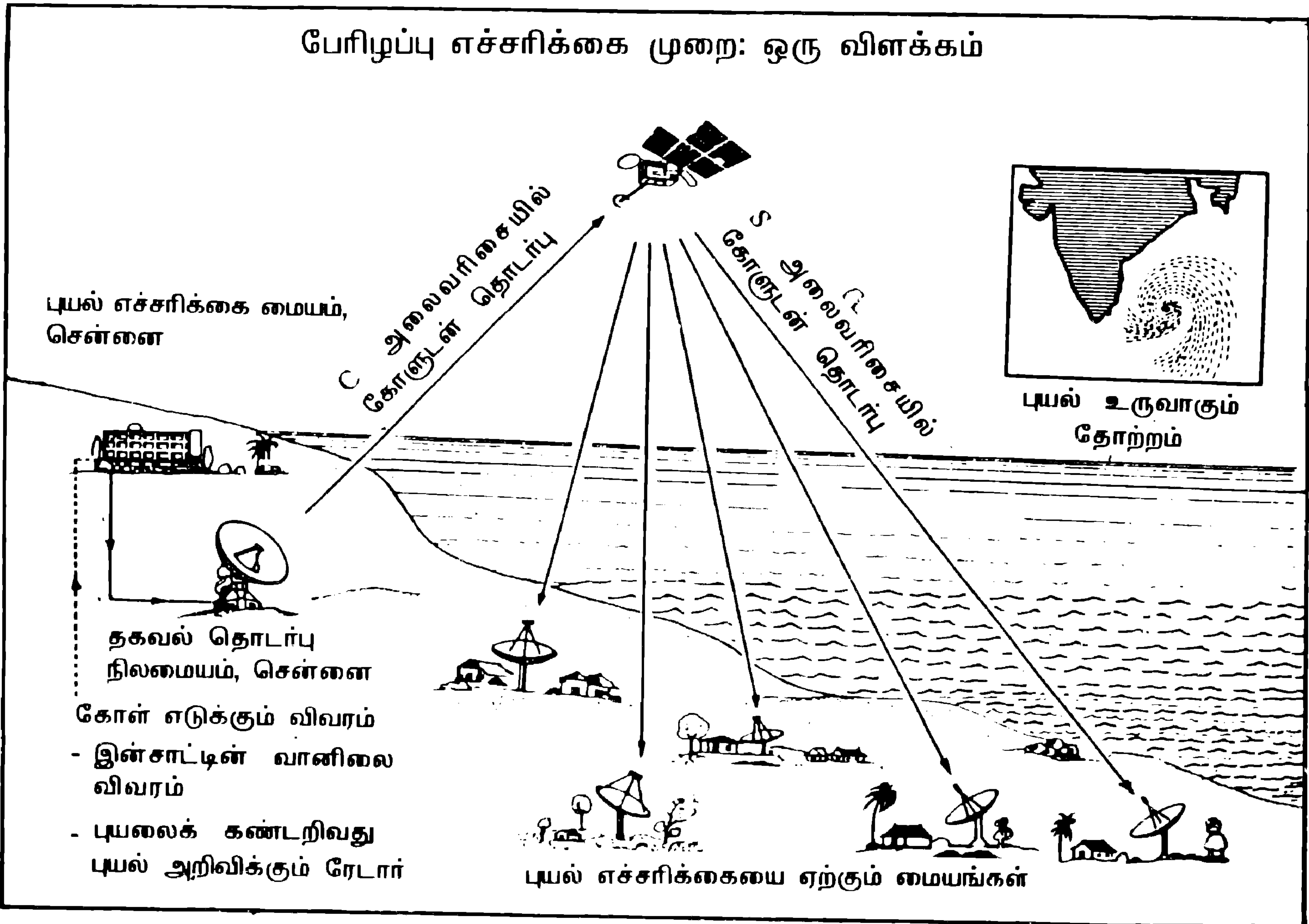
நிலத்திலும், கடலிலும் உள்ள இத்தடங்களில் 10 விதமான உணர்விகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை வெப்பம், ஒளி, மழை, காற்றின் ஈரம், அதன் வேகம், அழுத்தம் போன்ற பல விவரங்களை மணிக்கு ஒருமுறை சேகரித்துப் பல திசைகளில் செல்லுமாறு அனுப்பும். இத்தகைய வானிலைத்தடம் ஒன்று அண்டார்க்டிகாவில் உள்ள தட்சிண கங்கோத்ரி என்ற இடத்திலும் வைக்கப் பட்டுள்ளது.

இன்சாட் வானிலைக் கண்காணிப்புக் கருவி, அரைமணி நேரத்திற்கு ஒரு முறை, வானிலைப் பற்றிய முழு பதிவுப் படத்தை நாள்முழுவதும் காட்டிக்கொண்டே இருக்கும். மேலும், மேகங்களின் போக்கையும், நிலநீர்த்தேக்கங்களின் வெப்ப நிலையையும், பனிப்படலத்தையும், கடல்மட்டத்திற்கு அருகே உள்ள வெப்ப நிலையையும், கோள் அறிவிக்கின்றது. வானிலை மட்டுமின்றி, தண்ணீர்பற்றியும், கடல் பற்றியும் பல தகவல்களை சேகரித்து வெள்ளம், புயல் ஆகியவற்றை முன்கூட்டியே அறிவிக்க இன்சாட் கோள்கள் உதவுகின்றன. தொலைக்காட்சியில் அன்றாடம் இக்கோள் எடுத்துப் பதிவுப்படத்தையும், அதன் அடிப்படையில் கொடுக்கப்படும் வானிலை பற்றிய செய்திகளையும் பார்க்கின்றோம்.

இன்சாட் வானிலைத் தகவல்களை தில்லி அருகே உள்ள நில மையத்தில் வரவேற்று, அங்கிருந்து பல வானிலை மையங்களுக்கு அனுப்புகின்றனர். தமிழ்நாடு, ஆந்திரம், ஒரிசா, மேற்கு வங்காளம் ஆகிய மாநிலங்களில் புயலால் தாக்கப்படும் கடலோரப் பகுதிகளில், கடலிலிருந்து வீசும் சூறாவளிக்காற்று வருமுன் மக்களுக்கு எச்சரிக்கை விடுக்க வசதிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன (படம் 52).

நீராவி உணர்வியும் விமானப் போக்குவரவும்

இன்சாட்–2C, 2D ஆகிய இரு கோள்களிலும் வானிலை உணர்விகள் வைக்கப்படவில்லை. இன்சாட்–2E வானிலை கண்காணிப்புக் கருவியை ஏற்றிச் சென்றது. முதன்முறையாக, அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் இயங்கும் நீராவி உணர்வியைக் கொண்டு சென்றது. காற்றுவெளியின் நடுப்பகுதிகளில் காற்றின் ஈரத்தைக் கண்டுபிடிக்க இது உதவும். இதனால் பல பயன்கள் உண்டு; குறிப்பாக, வெப்பப் பிரதேசங்களில் புயல் காற்றின் போக்கை முன்கூட்டியே அறிவிக்க இயலும். உயர்மட்டக்காற்றைக் கண்



படம் 52. புயல்பற்றி எச்சரிக்கையை ஆபத்தான இடங்களுக்கு இன்சாட் கோள் அனுப்புகிறது.

காணிப்பது விமானப் போக்குவரவிற்கு உதவுகின்றது. இத்துறையில் வெளியான ஆராய்ச்சிகள் இப்பிரதேசத்திற்கு உரிய கருத்துகளைக் குறிப்பிடவில்லை.

இன்சாட்–2E வானிலை நீராவியை உணர்வதைத் தவிர நமக்குத் தென்படும் அலைவரிசையிலும், வெப்ப அகச்சிவப்பு அலைவரிசையிலும் பதிவுப்படங்களை, முறையே 2 கி.மீ. பரப்பிலும், 8 கி.மீ. பரப்பிலும் காட்டுகின்றது. ஒரு கிலோமீட்டர் சதுர அளவிலும் படங்களைக் கொடுக்க மின் ஏற்ற ஒளி உணர்வி ஒன்று உள்ளது. இத்தகவல் வேளாண்மைத் துறைக்கும் பயன்படும்.

'நோவா' போன்ற அமெரிக்கக் கோள்களால் குறிப்பிட்ட இடத்தை ஒன்பது நாட்களுக்கு ஒருமுறைதான் 'பார்க்க' இயலும். ஆனால் புவியுடன் இணைந்து சுற்றும் கோளான இன்சாட்–2E எந்நேரமும் பதிவுப்படத்தைக் கண்டு அனுப்பத் தயாராக உள்ளது. குறிப்பிட்ட காலத்தில் அனுதினமும் வானிலைப் படங்களை அனுப்பியும் வருகின்றது. வெள்ளப்போக்கை அறியவும், சேதத்தை மதிப்பிடவும், பெருமழையை அளவிடவும், கடும்புயலைக் கண்காணிக்கவும் இன்சாட் உதவுகின்றது. கதிரவனுடன் இணைந்து சுற்றும் கோள்களும், இன்சாட்டின் வானிலை உணர்வியும் அளிக்கும் தகவல்களைக் கொண்டு கோதுமை, சோளம் போன்ற பயிர் சாகுபடி நிலங்களை, மாநில, பிரதேச அளவில் துல்லியமாக மதிப்பிடலாம்.

தகவல் தொடர்புக்கோள் களில் வானிலைக் கருவிகளைப் பொருத்தினால், கோளின் வடிவையே மாற்றவேண்டி இருப்பதால், வானிலைக்கென்றே கண்காணிப்புக் கோள்கள் தேவைப்படுகின்றன. இந்தியாவும், பிரெஞ்சு நாடும் இணைந்து செலுத்தவுள்ள ஒரு வானிலைக்கோள், இந்தியாவின் பி.எஸ்.எல்.வி ஏவுகணைமூலம் ஏவப்படும். மற்றொரு பி.எஸ்.எல்.வி., வானிலை ஆய்வுக்கென்றே அமைக்கப்பட்ட மெட்சாட் (Metsat) என்ற இந்தியக் கோள் ஒன்றை இன்சாட் உள்ள சுற்றுப்பாதையில் இயங்குமாறு இஸ்ரோ செலுத்த உள்ளது.

இந்தியாவின் பருவ மழை

நம் நாட்டின் பருவ மழை பற்றி அறிய இன்சாட் கோள்கள் உதவுகின்றன. தெற்கு ஆசியாவில் ஏப்ரல்-அக்டோபர் மாதங்களில் தென்மேற்குப் பருவக்காற்றாகவும், மற்ற மாதங்களில் வடகிழக்குப் பருவக் காற்றாகவும் வீசும் மழைக்காற்றை இந்தியப் பருவ மழை என்று அழைக்கின்றனர். ஜூன் முதல் செப்டம்பர் வரை வீசும்

தென்மேற்குப் பருவக் காற்று, நம் நாட்டின் பெரும்பாலான மாநிலங்கள் ஒரு ஆண்டில் பெறும் மழையில் 75 விழுக்காட்டை அளிக்கின்றது. பருவ மழை உரிய காலத்தில் வரத் தவறினால் நாட்டின் பொருளாதாரமே சீர்குலைந்துவிடும். ஆகவே, எல்லா ஆண்டுகளிலும் காலாகாலத்தில் பருவமழை வராததால், ஒவ்வொரு ஆண்டும் பருவமழை ஆவலுடன் எதிர்பார்க்கப் படுகிறது.

கதிரவனின் வெப்பத்தால் கடலிலும் நிலத்திலும் சூடேறி பருவமழை தோன்றுகிறது. நிலநடுக்கோட்டிற்குஅருகே உள்ள பிரதேசங்கள், துருவங்களுக்கு அருகே உள்ள பிரதேசங்களைவிட அதிக அளவில் கதிரவனின் வெப்பத்தைப் பெறுகின்றன. காற்றின் ஈரத்திலும், வெப்ப நிலையிலும், புவியின் வடக்கு-தெற்கு மண்டலங்கள் வேறுபடுகின்றன. இவற்றால், காற்றுவீசும் போக்கிலும் வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன. வெப்பமான பிரதேசங்களில் கிழக்கு நோக்கிச் செல்லும் 'ஜெட்' காற்று பருவ மழையின் அறிகுறியாகும். காற்றுவெளியில் சுமார் 50 கிலோ மீட்டருக்கு மேல், கிழக்கு நோக்கி வீசும் 'ஜெட்' காற்று தோன்றினால், கேரளாவில் தென்மேற்குப் பருவக்காற்று வந்துவிடும் என்று கருதுகின்றனர். கிழக்குக் காற்று பொதுவாக ஜூன்முதல் ஆகஸ்ட்வரை மழைக்காலத்தில் வீசுவது குறிப்பிடத்தக்கது. செப்டம்பர் மாதத்தில் மேற்கு நோக்கி வீசும் காற்று மீண்டும் தென்பட்டால், வட இந்தியாவில் தென்மேற்குப் பருவ மழை முடிந்ததை அறிவிக்குமெனவும் கண்டுள்ளனர். காற்று வெளியில் 50 கி.மீ. உயரத்தில் தோன்றும் காற்றுப்போக்கில் தெற்கு ஆசியாவிற்கும் இதர பிரதேசங்களுக்குமிடையே குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல்கள் தென்படுகின்றன. 1970 முதல் 1974 வரை தும்பாவிலிருந்து வாரந்தோறும் செலுத்தப்பட்ட எம்–100 என்ற ரஷ்ய வானிலை ஏவுகணைகள் காற்றுவெளியின் வெப்பநிலை போன்றவற்றில் தோன்றும் மாறுதல்களுக்கும், பருவமழைக்கும் தொடர்பு உள்ளதை அறிவித்தன.

1990இல் திருப்பதி அருகே கடாங்கி என்ற ஊரில் காற்றுவெளி ஆய்வுக்கென ஒரு ரேடார் அமைப்பு நிறுவப்பட்டுள்ளது. காற்றுவெளியில் தோன்றும் மாறுதல்களையும், மேகத் தொடர்களின் போக்கையும், மாசுகள் படர்வதையும் இந்த ரேடாரினால் கண்டு ஆராய இயலும். காற்றுவெளியின் பல படிவங்களை இந்த அமைப்பு ஆராயும். திருவனந்தபுரத்தில் உள்ள விண்வெளி இயல்பியல் பரிசோதனைக் கூடமும், அகமதாபாதில் உள்ள இயல்பியல் ஆய்வு நிலையமும் காற்றுவெளியை ஆராயந்து வருகின்றன.

அயனிமண்டல ஆராய்ச்சி

சிற்றலை வரிசையில் வானொலியைச் செலுத்த, அயனிமண்டலம் தேவைப்படுகின்றது. அயனிமண்டலத்தின் பிரதிபலிப்பால், ஒலி பரப்புகளை வெகுதொலைவில் உள்ள நாடுகளும் கேட்க இயலு கின்றது. கோள்களுடன் தொடர்புகொள்ள அயனிமண்டலம் தேவை இல்லை; அதற்கு மிக அதிக அதிர்வெண்கொண்ட மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். தொலைக்காட்சி, தொலைபேசி ஆகிய பல தகவல்தொடர்பு இணைப்புகள் கோள்மூலம் இயங்குகின்றன.

சில வேதியற் பொருட்களால் அயனிமண்டலத்தின் திறன் எளிதாக சீர்குலைந்துவிடும். உதாரணமாக, நீராவி மின்னணுக் களை (எலக்ட்ரான்களை) அப்புறப்படுத்திவிடுகிறது. இதனால் ஒலிபரப்புகள் சரிவர அமையாது. எலெக்ட்ரான்களைக் குறைக்கும் பரிசோதனைகள் இதனை உறுதிப்படுதியுள்ளன. மேலும், உயிர்வளி, நைட்ரோஜன் டைஆக்சைட், கரியமில வாயு ஆகிய வளிகளும் மின்னணுக்களின் அடர்த்தியைக் குறைக்கும். ஏவுகணைகள் பின்நோக்கித்தள்ளும் புகையும் இங்கு தடங்கல் விளைவிக்கும்.

அயனி மண்டலத்தில் மிகவும் கீழே உள்ள D படிவத்தில் உள்ள மின்னணுக்களின் அடர்த்தி, பருவத்தை பொறுத்தும், புவியின் குறுக்குக் கோட்டைப் பொறுத்தும் மாறுகிறது. ‘அயன்கள்’ மிக அதிகமாக 300 கி.மீ. உயரத்தில் உள்ளன. அங்கு சாதாரணமாக உள்ள E படிவத்தைத் தவிர, அவ்வப்பொழுது தோன்றும் E படிவமும் உள்ளது. அயனிமண்டலத்தை ஆராயும் கோள்கள் அங்குள்ள மின்னணுக்களின் அடர்த்தியில் தோன்றும் வேறுபாடு களை அளவிட்டுள்ளன. விண்வெளியிலிருந்து வரும் ஆற்றல் மிக்க மின்துகள்கள் அயனிமண்டலத்துடன் கலப்பதையும் ஆராய்ந் துள்ளன.

F படிவம் 150 கி.மீ.க்கு மேல் உள்ளது. அதில் மின்னணுக் களும் அயான்களும் மிக அடர்த்தியாக உள்ளன. ஆனால், ஒரே அளவில் அவை பரவவில்லை. சிற்றலை ஒலிபரப்பையும், கோளுடன் உள்ள தொடர்புகளையும் இந்தப் படிவத்தின் வேறு பாடுகள் சரிவர இயங்கவிடாது. F படிவத்தின் ‘ஒழுங்கற்ற’ நிலை நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேல் F படிவ விரிப்பு என்று அழைக்கப் படுகிறது. சுமார் 50 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே கண்டுபிடிக்கப் பட்டாலும், இத்தோற்றம் ஒரு புதிராகவே உள்ளது.

2000 மார்ச் மாதத்தில் நிலநடுக்கோட்டிற்கு மேல்உள்ள வெப்ப

அலைகளை ஆராய 42 ரோகிணி ஆய்வு ஏவுகணைகளை இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் செலுத்தியது. காற்றுவெளியில் (30—75 கி.மீ.) குறுகிய கால வெப்ப அலைகளை அவை ஆராய்ந்தன.

புவியின் காந்த வயற்கோடுகள் (புவியின் நிலநடுக்கோட்டில் உள்ள நிலமட்டத்திற்கு இணையாகச் செல்பவை) வானில் உள்ள அயான்களையும், மின் நிலையையும் தாக்குகின்றன. இதனால் மின் 'ஜெட்' என்ற மின்னோட்டங்கள் ஏற்படுகின்றன; அவை மின்சார இணைப்புகளையும், ஒலிபரப்புத் தொடர்புகளையும் சரிவர இயங்காதபடி சிக்கல்களை விளைவிக்கின்றன. ஆகவே அயனி மண்டல ஆய்வு தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது.

21

விண்கலன்களில் பயணங்கள்

உலகின் முதல் விண்வெளிவீரர், ரஷ்யாவின் யூரி ககாரின் (Yuri Gagarin) 1961இல் 108 நிமிடங்கள் விண்வெளியில் சுற்றி வந்தார். அதே ஆண்டு, அமெரிக்காவின் அலான் ஷெபார்டு (Alen Shepard) 15 நிமிடங்கள் விண்வெளியில் சென்று வந்தார். விண்கலன்களில் நீண்ட பயணங்கள் 1970ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகே துவங்கின.

1967ல் ஆளில்லாத இரு விண்கலன்கள் புவியைச் சுற்றிவந்து விண்வெளியில் இணைந்தன. அவை காஸ்மோஸ் 186, 188 (COS-MOS) என்று அழைக்கப்பட்டன. ரஷ்யாவால் செலுத்தப்பட்ட இவை நான்கு மணிநேரம் ஒன்றாகச் சுற்றியபின் பிரிந்தன. அடுத்த ஆண்டில் (1968) காஸ்மோஸ் –212, –213 சேர்க்கப்பட்டு, ஐந்து நாட்களுக்குப் பிறகு, முன்கூட்டியே குறிப்பிடப்பட்ட இடத்தில் இறங்கின. 1969இல் சோயூஸ் 4, 5 இணைக்கப்பட்டு இரு விண்வெளி வீரர்கள் விண்வெளியில் நடந்து ஒரு கலனிலிருந்து மற்றொரு கலனுக்குள் சென்றனர். இதை ஏன் செய்தார்கள் என்று மக்கள் வியந்தனர்.

இந்தப் பரிசோதனையில் பங்கேற்ற விண்வெளி வீரர், போரிஸ் வாலிநாவ் (Boris Volynov), இந்த நூலாசிரியருக்கு அளித்த பேட்டியில் அச்சாதனையை விளக்கினார். வருங்காலத்தில் விண் பரிசோதனைத் திட்டங்களை அமைக்கவும், பழுதுபார்க்கவும் இது ஒரு அவசியமான முறை என்றார். அதன்பின் நடந்த விண்வெளிப் பயணங்கள், வாலினாவ் கூறியபடி, புவிக்கருகே உள்ள சுற்றுப் பாதையில் மனிதன் இயங்க வேண்டிய அவசியத்தை விளக்கியுள்ளன.

அடுத்த ரஷ்ய விண்கலன் திட்டத்தில், மூன்று சோயூஸ் கலன்கள் பங்குபெற்றன. சோயூஸ் 6, 7, 8 என்ற கலன்கள் ஒட்டு மொத்தமாக ஏழு வீரர்களை ஏற்றிச் சென்றன. கலன்களின் சுற்றுப்

பாதையை பலமுறை மாற்றினார்கள். விண்ணில் இயக்கப்படும் கட்டுப்பாட்டு முறைகளைப் பயின்றனர்.

சோயூஸ் என்றால் சேர்க்கை என்று பொருள். ஆறு டன் எடையுள்ள இக்கலனில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. ஒன்றில், கதிரவனின் ஒளியைப் பெறும் பலகைகள், கருவிகள் ஆகியவை உள்ளன. மற்றொரு பகுதியில், கலனைச் செலுத்துவோரும், இதர விண்வெளிப்பயணிகளும் சென்று திரும்ப வசதி உள்ளது. மூன்றாவது பகுதியில் ஒரு பரிசோதனைக் கூடம் உள்ளது. கலன் நிலத்தில்வந்து இறங்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. காற்று வெளியில் திரும்பும்பொழுது, கலனை விண்வெளி இயக்குநர்கள் கட்டுப்படுத்தினர். பரிசோதனைப் பகுதி திரும்பிவரும்பொழுது காற்றுவெளியில் எரிந்துவிடுகின்றது.

1971இல் சல்யூட் என்ற புதிய விண்கலனைச் செலுத்தினர். நீண்ட காலம் புவிக்கருகே செல்லும்படி இது அமைக்கப்பட்டது. ஆளில்லாத கலன்களுடன் இணையவல்லது. சோயூஸ் கலனைவிட சல்யூட் பெரியது. 15 மீ. நீளமும், 4 மீ. அகலமும் கொண்ட சல்யூட்டில் ஐந்து பகுதிகள் இருந்தன. கலனின் எடை 20 டன் என்று அறிவிக்கப்பட்டது.

சோயூஸ் 10இல் சென்ற மூன்று வீரர்கள் 'சல்யூட்' கலனுடன் இணைந்து 5½ மணி நேரத்திற்குப் பின், பிரிந்து வேறு பணிகளை விண்ணில் மேற்கொண்டனர். சோயூஸ்–11இல் சென்ற மூவர் மேலும் பல ஆராய்ச்சிகளைச் செய்தனர்; ஆனால், அவர்களின் பயணம் சோக முடிவாக மாறியது. விண்ணிலிருந்து திரும்பிவந்த அம்மூன்று வீரர்களும் கலனிற்குள் உயிரோடு இருக்கவில்லை. விண் உடைகளை அவர்கள் அணிந்திருக்கவில்லை என்றும், கலனிற்குள் உயிரோடு இருக்கப்போதிய காற்றழுத்தமும் இருக்க வில்லை என்றும் பின்னர் தெரிய வந்தது. அவ்வீரர்களுக்கு மக்கள் அஞ்சலி செலுத்தினர். விண்ணில் பயணங்கள் தொடரும் என்று ரஷ்யா அறிவித்தது.

அமெரிக்க விண்கலனில் பயணங்கள்

1970 ஆண்டுகளின் துவக்கத்தில் முதல் அமெரிக்க விண்கலன் புவியைச் சுற்றி வந்தது. ஸாட்டர்ன் வி (Saturn V) என்ற பெரிய ஏவுகணையின் மூன்றாவது படிவத்தை (91 டன் எடை) விண் கலனாக மாற்றி ஸ்கைலாப் (Skylab) என்றபெயரில் 1973இல் செலுத்தினர். மூன்று முறை மூவர்கொண்ட குழுக்கள் சென்று,

ஒட்டுமொத்தமாக 272 நாட்கள் கலனில் சுற்றினார்கள். அப்போலோ விண்கலனில் பயணம் செய்த அக்குழுக்கள் ஸ்கைலாபில் முறையே 28, 59, 84 நாட்கள் தங்கின.

பல சிறு தடங்கல்கள் ஏற்பட்டன. மேலே கிளம்பிய ஒரு நிமிடத்திற்குள், விண்கற்களைக் காக்கும் தகடு ஒன்று கலனிலிருந்து சீரழிந்து வீழ்ந்தது. அந்தத் தகட்டின் தூள்களால் கதிரவனின் ஒளியைப் பெறும் பலகைகளில் ஒன்று பழுதடைந்து, முழுவதும் விரிக்க இயலாமல் போய்விட்டது. இதை சமாளிக்க, தற்காலிகமாக 'குடை' ஒன்றையும், டார்பாலினையும் பொருத்திப் பணியைத் தொடர்ந்தனர். விஞ்ஞானிகள் விண்வெளியில் செயலாற்றலாம் என்பதையும், விண்ணில் பழுதுபார்க்கும் பணியையும் மேற்கொள்ளலாம் என்பதையும் உறுதிப்படுத்தினர். விண்வெளி உடுப்புகளை அணிந்து, கலனிற்கு வெளியே நீண்ட நேரம் பணி புரியலாம் என்றும் நிரூபித்தனர்.

ஸ்கைலாப் குழுவினர் 270 விஞ்ஞான தொழில் நுட்ப ஆய்வுகளை மேற்கொண்டனர். அவற்றில் சில: கதிரவனைக் கவனித்தல்; புவியின் வளங்களை மதிப்பிடுதல்; விண்ணில் சில பொருள்களை உற்பத்தி செய்தல், போன்றவை. 1974 பிப்ரவரியில் கடைசி குழு திரும்பியபின், ஸ்கைலாப் விண்ணில் கைவிடப் பட்டது. ஐந்து ஆண்டுகள் புவியைச் சுற்றியபின், 1979 ஜூலை 11ம் தேதி, காற்றுவெளியில் இறங்கி, ஆஸ்திரேலியாவிற்கு அருகே வீழ்ந்தது; உயிர்ச்சேதமோ பொருட்சேதமோ இல்லை என்று கூறினார்கள்.

இதற்கிடையில் ரஷ்யர்கள் சல்யூட் கலத்தை மேம்பாடு செய்தனர். பல குழுக்கள் 30 முதல் 92 நாட்கள் வரை வெவ்வேறு காலங்களில் கலனில் தங்கின. 1977இல் சல்யூட்-6 செலுத்தப் பட்டது. அதில் புதிய அம்சங்கள் இருந்தன. பலவிண்கலன்களை இணைக்க உதவும்படி, சல்யுட்-6இல் பல இணைப்புக் கதவுகள் இருந்தன. பரிசோதனைகளின்போது 1000 செ. வெப்பம் தோன்றும். ஒரு மின் உலையும், பல விஞ்ஞானக் கருவிகளும், கலன் தானாகவே இயங்கத் தேவையான வழிகாட்டியும், கலனின் கோணத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளும் இருந்தன.

ஆளில்லாத புரோக்கிரஸ்–1 (Progress) என்ற விண்கலன் சல்யூட்டிற்குத் தேவையான பொருட்களைக் கொண்டு சேர்த்தது. சுமார் ஐந்து நாட்களுக்குப் பிறகு, அக்கலன் சல்யூட்டிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டு, காற்றுவெளியில் விழுந்து எரிக்கப்பட்டது. அக்கலனின் என்ஜினைக் கொண்டு சல்யூட் விண்கலனின் சுற்றுப்

பாதையைச் சரிபார்த்தனர். 1981இல் சல்யூட்–6இல் அதன் சாளரங்களில் புகை படிந்துவிட்டதால், அதில் பணி புரிவது நிறுத்தப் பட்டது. ஒட்டுமொத்தமாக, 767 நாட்கள் விண்வெளி வீரர்கள் தங்கி, 1600 பரிசோதனைகளைச் செய்தனர்.

1982 ஏப்ரலில் சல்யூட்–7 என்ற புதிய விண்கலனைச் செலுத்தினர். அதில் சென்ற விண்வெளி வீரர்கள், வாலென்டைன் லாப்டெப் (Valentine Labdeb) என்பவரும் அனடொலி பெரிஜாவாய் (Anatoly Berezevoy) என்பவரும் 211 நாட்கள் கலனில் தங்கி (அன்றைய) உலக சாதனை ஒன்றைப் புரிந்தனர். வாலன்டினா தெரஷ்கோவா (Valentina Tereshkova) என்ற முதல் பெண் விண்வெளி வீரருக்குப் பிறகு, விண்ணில் பயணம் செய்த பெண் ஒரு சோதனை விமான ஓட்டி, ஸ்வெட்லானா ஸ்வஸ்திகாயா (Svetlana Savitskaya) என்ற அந்த விண்வெளி வீரர் சல்யூட்–7க்குச் சென்று வந்தார்.

விண்கலனில் சில சிக்கல்கள் இருந்தன. இருப்பினும் 1984 பிப்ரவரியில் மற்றொரு மூவர் குழு சென்றது. அவர்கள் அநேகமாக எட்டு மாதங்கள் கலனில் இருந்து புதிய சாதனை ஒன்றை செய்தனர். அவர்களது பயணத்தின்பொழுது இந்திய விண்வெளி வீரர் சென்ற குழுவை வரவேற்றனர். சல்யூட்–7 தொடர்ந்து புவியைச் சுற்றியது.

சல்யூட் கலனுடன் இணைந்து செயல்படும் சோயூஸ் கலனை நில மையத்திலிருந்து செலுத்த ஒரு நாளில் சில வினாடிகளே கிடைக்கின்றது. இந்தக் குறுகிய காலவரையில்தான் சோயுஸ் கலனைச் செலுத்தும் நில மையம், புவியின் சுழற்சியால், சல்யூட்டின் சுற்றுப்பாதையை அடையத் தகுந்த நிலைக்குக் கொண்டுவரப்படும். சோயூஸ் கலன் ஏவப்படும் நேரத்தை, அது சல்யூட்டைத் துரத்திப் பிடிக்கத் தேவையான காலத்தைப் (சாதாரணமாக ஒரு நாள்) பொருத்து நிர்ணயிக்கின்றனர்.

அப்போலோ–சோயூஸ் இணைப்பு

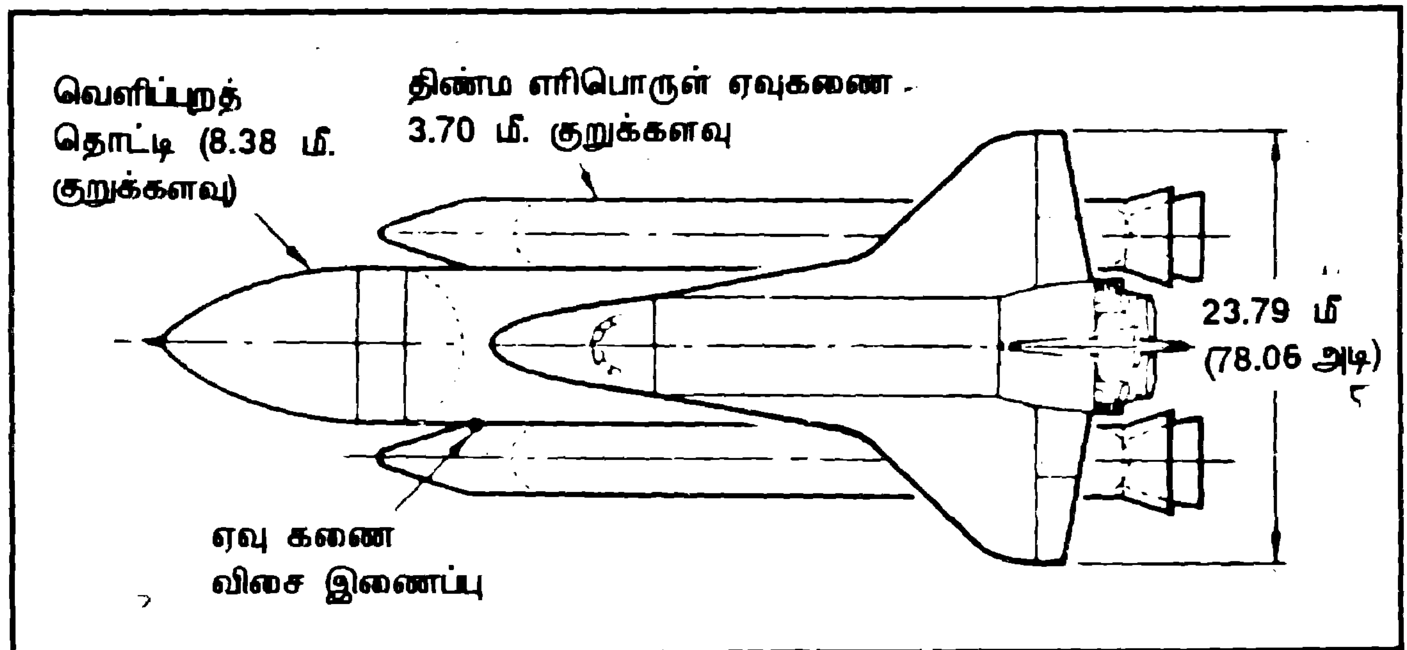
அமெரிக்காவும், ரஷ்யாவும் 1975இல் அப்போலோ சோயூஸ் இணைப்புப் பயணம் ஒன்றை இரு நாடுகளின் ஒத்துழைப்பின் சின்னம் என்று துவங்கினர். இரு நாட்டு விண்கலன்கள் வெவ்வேறு வடிவங்களில் இருந்ததால், அவற்றை இணைக்க ஒரு வழியைக் கண்டுபிடித்தனர். இணைக்கும் பகுதி ஒன்றை அமைத்தனர். அதில் கலன்களின் மாறுபடும் சூழ்நிலைக்கேற்ப பயணிகள் பழக்கப்

படுத்திக் கொள்ளும்வரை தங்கத் திட்டமிட்டனர். முதலில் சோயூஸ் செலுத்தப்பட்டது. பின்னர், அப்போலோ அதைத் துரத்தியது. இணைப்பு கச்சிதமாக அமைந்தது. பல்வேறு பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன.

அமெரிக்காவின் 'ஷட்டில்'

1980 ஆண்டுகளின் துவக்கத்தில் அமெரிக்கர்கள் பலமுறை பயன் படக்கூடிய விண்கலன் ஒன்றை உருவாக்கினர். 'ஷட்டில்' என்று அழைக்கப்பட்ட இக்கலன், ஏவுகணைபோல் சென்று விமானம் போல் இறங்கவல்லது (படம் 53). பயணிகளால் தாங்கக்கூடிய அளவிற்கு அதன் உந்துவிசை குறைத்து அமைக்கப்பட்டது. முதன்முறையாக, விண்வெளி வீரர்கள் மட்டுமின்றி, விஞ்ஞானி களும், இதர வல்லுநர்களும் விண்வெளியில் சென்றுவர ஷட்டில் உதவியது. இப்புதிய விண்கலன் புவியைச் சுற்றி நிரந்தரமாய் இயங்கும் பெரிய விண்கலன்களை அமைக்க உதவும் என்று எதிர்பார்த்தனர்.

ஷட்டில் கலனில் ஆர்பிடர் என்ற பகுதி ஒரு ஜெட் விமானம் போல் உள்ளது. அது ஒரு பெரிய எரிபொருள் அடங்கிய தேக்கியின் மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இரு திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணைகள் காற்றுவெளியிலிருந்து மேலே செல்ல



படம் 53. அமெரிக்க விண்வெளிக் கலன் ஷட்டில். அதில் திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணைகளும், எரிபொருள் தொட்டியும், பயணிகள் சென்று திரும்பும் பகுதியும் உள்ளன. மூன்று முக்கிய என்ஜின்கள் ஒட்டுமொத்தமாக 3.3 மில்லியன் கிலோ உந்துவிசையை அளிக்கின்றன.

உந்துவிசையை அளிக்கின்றன. ஆர்பிடரும், இரு ஏவுகணைகளும் மீண்டும் பயன்படுத்தக்கூடியவை. ஆனால் எரிபொருள் தேக்கியை ஒரு முறைக்கு மேல் பய்னபடுத்துவதில்லை. ஆர்பிடருக்குள்ளே ஓட்டுனர் குழுவும் (நால்வர்) வல்லுநர்களும் செல்ல வசதியுள்ளது. பரிசோதனைக் கருவிகளையும், செலுத்த வேண்டிய கோளையும் வைக்க சரக்குப் பகுதியும் உள்ளது. கலனிற்குள்ளே கடல்மட்ட சூழ்நிலைபோல், உயிர்வளியும் நைட்ரஜனும் சேர்ந்த காற்றைச் செலுத்தியுள்ளனர். மேலும், பயணிகள் இயல்பான ஈர்ப்பு விசைக்கு மூன்று மடங்கிற்கு மேல் தாங்க வேண்டி வராமல் ஏற்பாடு செய்துள்ளனர். சில கலன்களில் முன்பிருந்த ஈர்ப்பு விசையில் மூன்றில் ஒரு பங்கே ஷட்டிலில் உள்ளது. கலன் சுற்றுப்பாதையில் 10 டன் எடையைக் கொண்டுவிட இயலும்; அங்கிருந்து 14 டன் எடையை புவிக்கு எடுத்துவரலாம்.

புறப்படும்பொழுது மூன்று பெரிய என்ஜின்களும், திண்ம எரிபொருள் உந்துவிசை ஏவுகணைகளும் எரியும். ஒட்டு மொத்தமாக மூன்று என்ஜின்களும் 3.3 மில்லியன் கிலோ உந்து விசையை (அதாவது மூன்று மில்லியன் குதிரைத் திறன்) அளிக்கின்றன. இந்த விசையால் 43 கி.மீ. உயரத்தை 122 விநாடிகளில் கலன் எட்டுகின்றது. அப்பொழுது எரிந்து முடிந்த திண்ம ஏவுகணைகள் பிரிக்கப்பட்டு, 'பாராசூட்' மூலம் இறக்கப் பட்டு, பின்னர் கடலிலிருந்து மீட்கப்படுகின்றன. சுற்றுப்பாதையில் செல்லத் தேவையான வேகத்தை அடைந்ததும், பிரதான என்ஜின் நிறுத்தப்பட்டு, எரிபொருள் தேக்கியும் பிரிக்கப்பட்டுத் தள்ளப்படுகிறது. அத்தேக்கியல் உயிர்வளியும் நீர்வளியும் (—251°செ) வைக்கப்பட்டிருக்கும். பிரதான என்ஜின் மீண்டும் இயங்கி சுற்றுப்பாதையை வட்டமாக்கி, சுமார் 300 கி.மீ. உயரத்தில் கலனைச் செலுத்தும். உயிர்வளியையும், நீர்வளியையும் சேர்த்து, வேண்டிய மின்திறனையும், குடிதண்ணீரையும் உண்டாக்குகின்றனர்.

கலனில் திறன்வாய்ந்த ஐந்து கணிப்பொறிகள் உள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றும் 40,000 செய்கைகளை ஒரு வினாடியில் செய்து முடிக்கும் திறன்படைத்தவை! திசை வேகத்தை அறிய மூன்று அசையா அளவுக்கருவிகளும், நிலைநாட்டும் கருவிகளும் உள்ளன. பிரதான என்ஜின் 55 முறை பயன்படும் என்று கூறுகிறார்கள். உந்துவிசைக்கும் எடைக்கும் உள்ள விகிதம் கலனின் உயர்ந்த திறனைக் குறிப்பிடும்படி அமைந்துள்ளது.

புவிக்குத் திரும்பும்பொழுது, ஷட்டில் ஆஸ்திரேலியாவிற்கு மேல் 76 கி.மீ. உயரத்தில் இறங்க ஆரம்பிக்கின்றது. அப்பொழுது

அதன் வேகம் மணிக்கு 28,800 கி.மீ. காற்று வெளிக்குள் 10° கோணத்தில் சரிவாகப் புகுந்து, மணிக்கு 335 கி.மீ. வேகத்தை அடைகின்றது. இந்த அளவு வேகம், ஒரு ஜெட் விமானத்தின் வேகத்தில் 50 விழுக்காடாக இருக்கின்றது. காற்று மண்டலத்துக்குள் புகும்பொழுது சில நிமிடங்களுக்கு வானொலித் தொடர்பு மறைந்துவிடும். அதற்குப் பிறகு, செல்ல வேண்டிய பாதையை மீண்டும் கணக்கிட்டு சரிப்படுத்தவேண்டும். காற்றுவெளியுடன் உராயும்பொழுது, ஷட்டில் 1650° செ. வெப்பத்தைத் தாங்க வேண்டிவரும். இதற்காகக் கலனிற்கு வெளியே 32,000 'ஓடுகள்' பதிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை ஒரு வெப்பப் போர்வை போல பயன் படுகின்றன. முன் சென்ற கலன்களில் வெப்பக் கவசத்தைப் பிரித்துத் தள்ளிவிட்டனர். ஷட்டிலின் ஓடுகள் வெப்பத்தை ஈர்த்து மீண்டும் செயல்படுகின்றன. ஆர்பிடர், விமானம் போல இறங்கி, மற்றுமொரு பயணத்திற்குத் தயார் செய்யப்படுகிறது.

தரைமட்டத்தில் பல சோதனைகள் செய்யப்பட்ட பிறகு, கொலம்பியா என்ற முதல் ஷட்டில் 1981 ஏப்ரல் 12ம் தேதி செலுத்தப்பட்டது. ஜான் யங், ராபர்ட் கிரிப்பன் (John Young, Robert Crippen) என்ற இரு விண்வெளி மாலுமிகள் அதில் சென்று 36முறை புவியைச் சுற்றி 54 மணி நேரத்திற்குப் பிறகு திரும்பினர். கலன் புவிக்கு 319 கி.மீ. தொலைவில் வட்டமான சுற்றுப்பாதையில் மணிக்கு 27, 353 கி.மீ. வேகத்தை எட்டியது.

பத்தாவது ஷட்டில் பயணம் ஒரு சரித்திரப்புகழ் பெற்றதாய் அமைந்தது. முதன்முதலாக இரு விண்வெளி வீரர்கள், கலனுடன் பிணைக்கப்படாமல், விண்வெளியில், தங்களது முதுகில் தரித்த ஜெட் விசைகொண்ட என்ஜின்களுடன், கலனிற்கு 90 மீ. தள்ளி புவியைச் சுற்றினார்கள். காப்டன் புரூஸ் மாக்கெண்ட்லெஸ் (Captain Bruce McCandless) லெப்டினன்ட் கர்னல் ராபர்ட் எல். ஸ்டீவர்ட் (Lt.Col.Robert L. Stewart) என்ற அந்த வீரர்கள் ஒருவருக்குப் பின் ஒருவராக பிணைக்கும் 'உயிர்கயிறுகள்' இன்றி விண்வெளியில் 2½ மணி நேரம் சுற்றினர். முதுகில் தரித்த உந்துவிசைக் கருவியை, அவசர உதவிக்குப் பயன்படுத்தி, விண்கலனிற்குத் திரும்பி வரலாம்.

'சாலெஞ்ஜர்': ஒரு சோக முடிவு

1986 ஜனவரி 28ம் தேதி, அமெரிக்காவின் 'சாலெஞ்ஜர்' (Challenger) என்ற ஷட்டில் சோக முடிவை எய்தியது. புறப்பட்ட சில

நிமிடங்களில் ஏவுகணை வெடித்துவிட்டது. அதில் சென்ற ஏழு விண்வெளி வீரர்களும் தீக்கிரையாகி மாண்டனர். இச்சோக முடிவு உலகெங்கும் அதிர்ச்சி அலைகளைப் பரப்பியது.

அந்த வீரர்களது பெயர்கள்: பிரான்சிஸ் ஸ்கோபி (Francis Scobee) தலைவர்; மைக் ஸமித் (Mike Smith) ஓட்டுநர்; ரோனால்டு மேக்நெர் (Ronald McNair) லேசர் நிபுணர்; ஜூடி ரெஸ்நெக் (Judy Resnik) பெண் விண்வெளி ஓட்டுநர்; கிரிகோரி ஜார்விஸ் (Gregory Jarvis) பொறியாளர்; எல்லிசன் ஒனிசுகா (Ellison Onizuka) விமான விண்வெளி பொறியாளர்; சரோன் கிரிஸ்டா மேக்காலிஃப் (Sharon Christa Mc Auliffe) பள்ளி ஆசிரியை.

அமெரிக்க அதிபர் அமைத்த குழு ஒன்று இந்தச் சம்பவத்தை ஆராய்ந்தது. நெடுநாள்வரை சரியான விளக்கம் தென்படவில்லை. இறுதியில், ரிச்சர்ட் ஃபைன்மேன் (Richard Feynman) என்ற புகழ்பெற்ற பேராசிரியர் உண்மையை பலரும் வியக்குமாறு வெளியிட்டார். ஒரு எளிய பரிசோதனைமூலம் நடந்ததை விளக்கினார். திண்ம எரிபொருள் கொண்ட ஏவுகணையில் இணைப்பு ஒன்று சரிவர இயங்கவில்லை. ஏவும் பொழுதுள்ள குளிர்ந்த வானிலை அந்தக் கோளாறை மிகைப்படுத்தியது. வெளிவெப்பநிலை ஒரு அளவிற்குக் கீழே குறைந்தால், ஏவுகணையைச் செலுத்தக்கூடாது என்று தெளிவான கட்டளைகள் இருந்தும், அவை புறக்கணிக்கப் பட்டன. ஆய்வுக்குழு அந்நாட்டின் விண்வெளி நிறுவனத்தின் செயல்முறை களிலும் பாதுகாப்பு விதிகளிலும் பலமாறுதல்கள் வேண்டுமென பரிந்துரைத்தது.

இரண்டரை ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு ஷட்டில் பயணங்களை மீண்டும் துவங்கினர். அவற்றில் சில குறிப்பிடத்தக்கவை. 1989இல் கொலம்பியா (1981இல் முதல் பயணத்தை செய்த கலன்) ஐந்து விண்வெளி வீரர்களை ஏற்றிச் சென்று, 10 டன் எடையுள்ள ராணுவ உளவு பார்க்கும் கோள் ஒன்றை விண்ணில் செலுத்தியது. 1999ல் ஷட்டில் பயணித்ததற்குத் தலைவியாக பெண்ஓட்டுநர், ஈலின் கோலின்ஸ் (Eileen Collins) சென்றுவந்தார். அவரது குழு சந்திரா X கதிர் ஆராய்ச்சி நிலையத்தை விண்ணில் செலுத்தியது. (விண்ணில் சென்ற முதல் அமெரிக்கப் பெண் ஸாலி ரைட் (Sally ride) என்பவர் 1982இல் ஷட்டிலில் சென்றுவந்தார்.

1997இல் நவம்பரில் இந்தியாவில் பிறந்த கல்பனா சாவ்லா என்ற பெண் கொலம்பியா ஷட்டிலில் சென்று திரும்பினார். கதிரவனைக் கண்காணிக்கும் ஒரு கோளை விண்ணிலிருந்து செலுத்தினார். ஆனால் கலன் கட்டுப்படாது சுற்ற ஆரம்பித்தது.

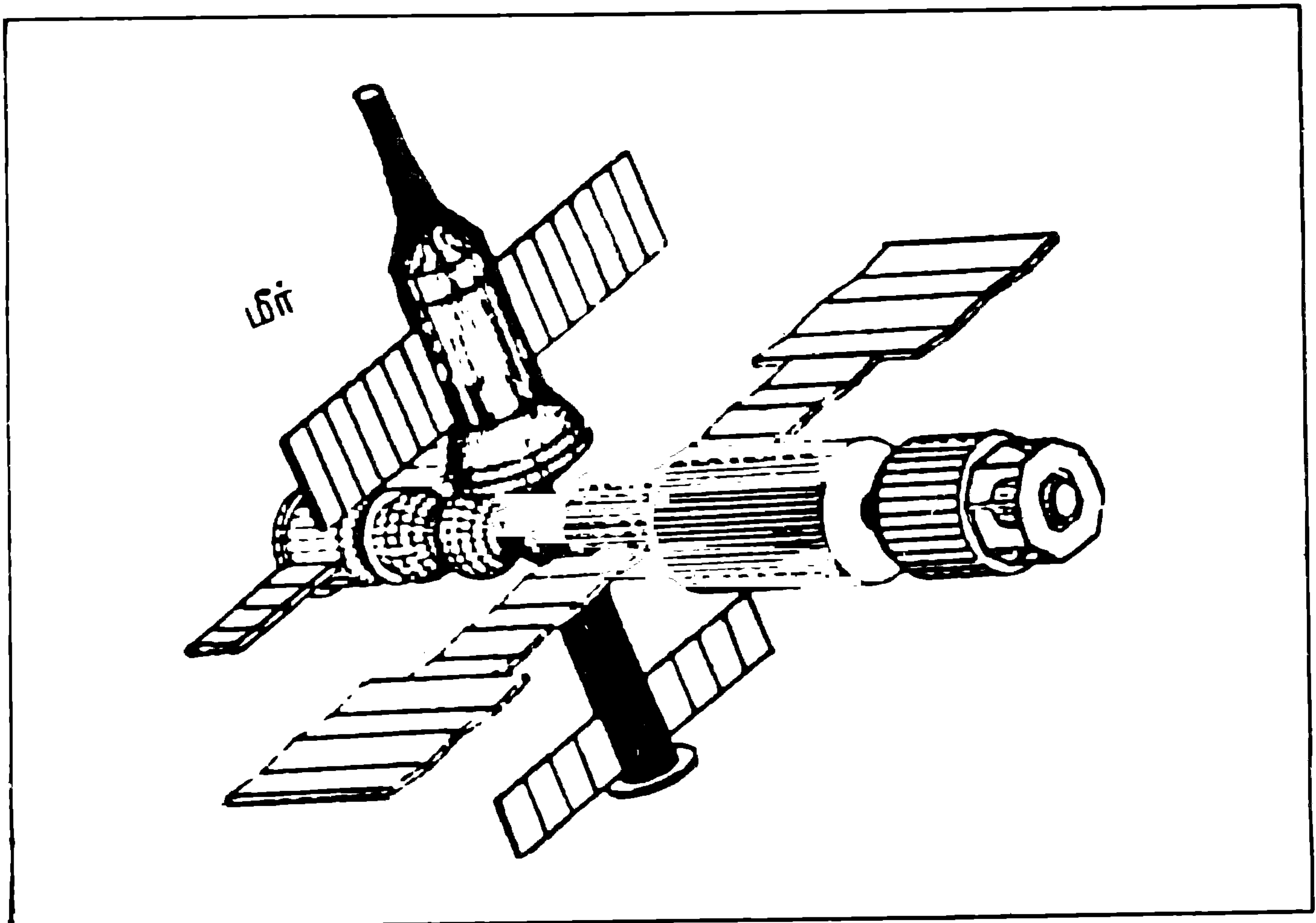
தானே இயங்கும் 'கை' ஒன்றைப் பயன்படுத்தியும் கோளை பிடித்து நிறுத்த இயலவில்லை. இரு விண்வெளிவீரர்கள் கலனிற்கு வெளியே விண்வெளியில் 'நடந்து'கோளைப் பிடித்துக் கொண்டு வந்தார்கள்!

மீர்: ஒரு அபார ரஷ்ய சாதனை

1986இல் ரஷ்யா 'மீர்' (Mir) என்ற புதியதோர் விண்கலத்தைச் செலுத்தியது. மீர் என்றால் ரஷ்ய மொழியில் அமைதி என்று பொருள். இதுவே மிக அதிக நாட்கள் விண்வெளியில் மனிதர் களுடன் இயங்கிய கலன் (படம் 54).

இந்த உலக சாதனையை செய்த விண்வெளி வீரர்கள் பல சவால்களை சமாளித்தனர். ஐந்தே ஆண்டுகள் இயங்குமென்று வடிவாக்கப்பட்ட இந்த விண்கலன் 15 ஆண்டுகள் வரை நீடித்தது. இறுதியில் அக்கலன் வியக்கத்தக்க வகையில் இறக்கப்பட்டது. 2001 மார்ச் 23ம்தேதி காலை 11.29க்கு (இந்திய நேரம்) பசிபிக்கடலில் வீழ்ந்தது.

137 டன் எடையுள்ள மீர் புவியை 86,331 முறை சுற்றியது. இறுதியாக, டோங்காவிற்கு மேல் சென்றபொழுது, அழிவுக்



படம் 54. ரஷ்யாவின் 'மீர்' விண்கலன். மிக அதிககாலம் விண்ணில் இயங்கிய இக்கலனை ரஷ்ய வல்லுநர்கள் இறக்க முடிவு செய்து, குறிப்பிட்ட முறைப்படி ஆபத்து எதுவுமின்றி இறக்கினர்.

கட்டளையை ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் கலனிற்குச் செலுத்தினர். மேற்கொண்டு செல்வதைத் தடுக்கும் என்ஜின் செயல்பட்டு, 22 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு ஈரான் நாட்டிற்கு மேல் என்ஜின் நிறுத்தப் பட்டது. நீள்வட்டப்பாதையில் ரஷ்யாவின் தொலைக்கிழக்குப் பகுதியைக் கடந்து ஜப்பானையும் தாண்டி, காற்றுவெளிக்குள் வீழ்ந்தது. சுமார் 1500 பகுதிகளாகச் சிதறியது. காற்று வெளியில் எரிந்துபோகாத பகுதிகள் தெற்கு பசிபிக் கடலில் மக்கள் வாழ் இடங்களுக்கு 5800 கி.மீ. அப்பால் விழுந்தன. பல பகுதிகள் 1500° செ. வெப்பத்தில் எரிந்துவிட்டன. ஒருவேளை ஏதாவது கிருமிகள் இருந்திருந்தால் அவைகளும் அழிந்திருக்கும். கலனில் வைத்திருந்த 100 நூல்களும் (ஒரு பைபிளும், ஒரு குரானும் உட்பட) பல பொருள்களும் காற்றுவெளியில் எரிந்துவிட்டன.

1997இல் மீர்கலனில் சிக்கல்கள் தோன்றின. அதன் உயிர் வளிக்கம்பிகள் தீப்பற்றிக் கொண்டன. ஆனால் கலனில் உள்ள வர்கள் தீயை அணைத்துவிட்டனர். பின்னர் குளிர்படுத்தும் அமைப்பு ஒழுகத் தொடங்கியது. அதை சரிசெய்த பிறகு, புராகிரஸ் என்ற ஆளில்லா கலன், மீர்கலனிற்கு வேண்டிய பொருட்களுடன் வந்து சரியாக இணைய முடியாமல் கலனின் விஞ்ஞானப் பகுதியுடன் மோதியது. வந்த கலனிற்கு அளிக்கப்பட்ட விவரங்கள் தவறானவை என்று பிறகு தெரிய வந்தது. கலனில் உள்ள விண்வெளி வீரர்கள் பழுதுபார்த்தனர். இருப்பினும், கலனிற்குத் தேவையான மின்னாற்றல் அரைப்பங்கு குறைந்துவிட்டது. மீண்டும், தற்செயலாக மின்னாற்றல் இணைப்பு துண்டிக்கப் பட்டது. மீண்டும் பழுதை சரிப்படுத்தினர். மற்றொரு முறை கணிப்பொறி கோளாறு காரணமாக ஆளில்லாக் கலன் இணைவது தவிர்க்கப்பட்டது. சோயூஸ் என்ஜினைப் பயன்படுத்தி, கோளாறு உள்ள இடத்தைக் கண்டுபிடித்து, மாற்று உறுப்பைப்பொருத்தினர். 1997இல் நவம்பரில் அமெரிக்காவிலிருந்து வரவழைக்கப்பட்ட புதிய கணிப் பொறிகளைப் பொருத்தினார்கள்.

மீர்கலனில் மனிதர்கள் தங்கிய காலம் 12 ஆண்டுகள், ஆறு மாதங்கள், ஒன்பது நாட்கள் என்று கணக்கிட்டனர். அக்காலத்தில் 106 விண்வெளி வீரர்களும் விஞ்ஞானிகளும் 12 நாடுகளிலிருந்து கலனிற்கு வருகை தந்தனர். வேலரி போலயாகோவ் (Valery Polyakov) 438 நாட்கள் தொடர்ந்து கலனில் இருந்து புதிய உலக சாதனையைப் புரிந்தார். அமெரிக்காவின் ஷானன் லூசிட் (Shannon Lucid) என்ற பெண் விண்வெளி இயக்குநர் 188 நாட்கள் கலனில் தங்கினார். 16,500 பரிசோதனைகளை செய்தனர். ரஷ்ய

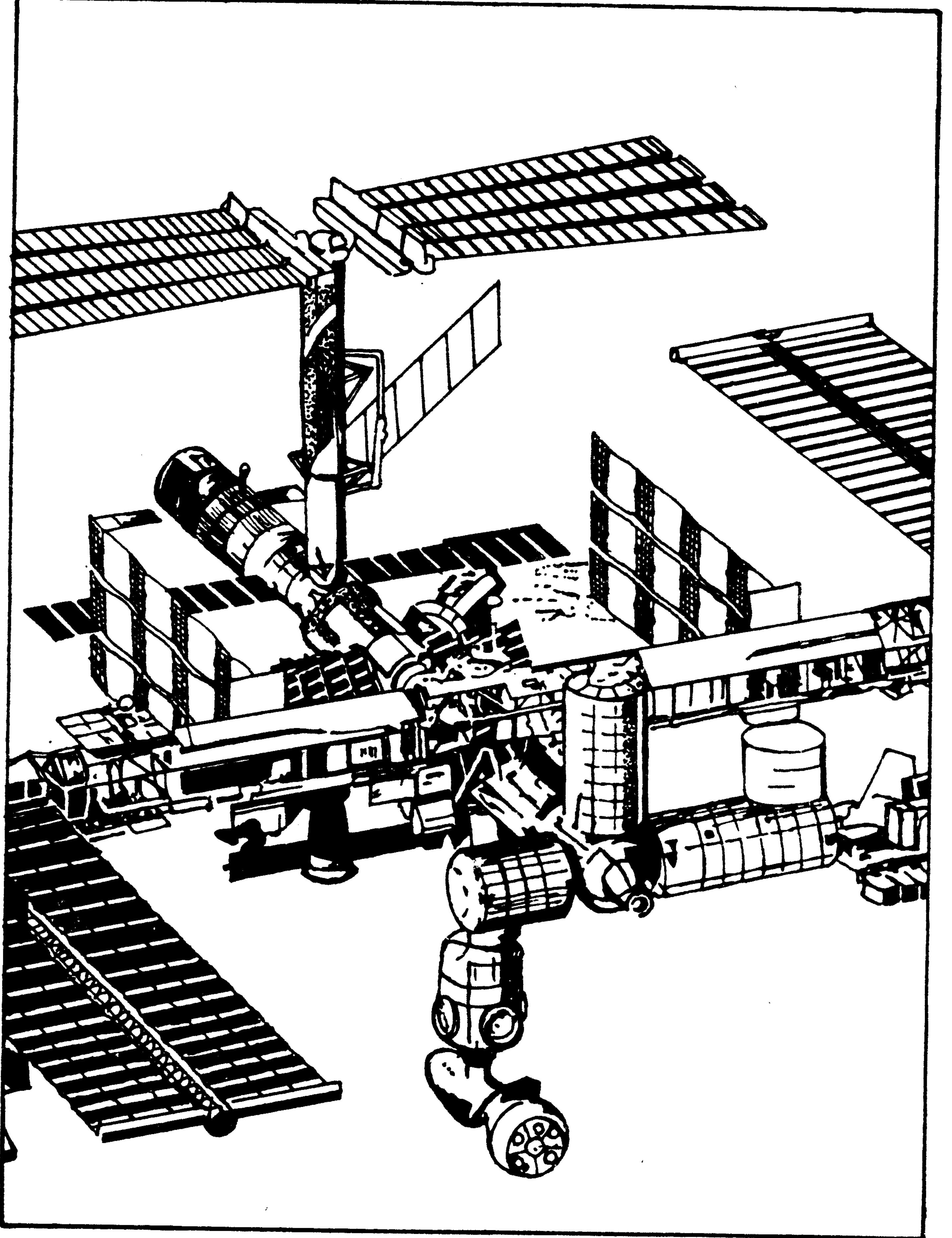
விண்வெளி வீரர் செர்ஜி அவிட்யேவ் (Sergey Avdeyev) மற்றுமொரு சாதனையைச் செய்தார். மூன்று முறை விண்ணில் சென்ற அவர் ஒட்டுமொத்தமாக 748 நாட்கள் விண்வெளியில் தங்கிப் பணி புரிந்தார். ரஷ்யாவின் மூன்றாவது பெண் விண்வெளி வீரர் யெலினா கோண்டகோவா (Yelina Kondakova) என்பவரும் மீர்கலனிற்குச் சென்று வந்துள்ளார்.

ரஷ்யர்களும் அவரது ஆதரவாளரும் மீரைச் சுற்றுப்பாதையி லிருந்து இறக்க மனமின்றி வருத்தப்பட்டனர். ரஷ்யாவிடம் மீரைத் தொடர்ந்து செலுத்த நிதி வசதி போதாது என்று கூறப்பட்டது. சில விஞ்ஞானிகள் இன்னமும் சில காலம் விண்வெளியில் மீர் இருந்திருக்கலாம் என்று கருதினர். ரஷ்ய வல்லுநர்கள் கடைசிவரை மீரைக்கட்டுப்படுத்தியதை பெருமையாகச் சுட்டிக்காட்டினர். நிதிவசதி மட்டும் இருந்தால், மற்றொரு மீரை எளிதாய் அமைத்து விட இயலும் என்றும் கூறினார். மீர் ஒருஅரிய சாதனை என்பதில் ஐயமில்லை. ஈர்ப்பு விசை குறைந்துள்ள சூழ்நிலையில் ரஷ்ய விண்வெளி வீரர்கள் பணிபுரிந்து பெற்ற நீண்ட அனுபவம் மனிதனின் விண்வெளிப் பயணத்தைப் புரிந்துகொள்ள பெரிதும் உதவும்.

பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையம்

பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையம் ஒன்று இப்பொழுது புவியைச் சுற்றி வருகிறது. இது நிரந்தரமாக இயங்கும் ஒரு அமைப்பாகும். படிப்படியாக இது கட்டப்படுகிறது. 1998இல் ரஷ்யா உருவாக்கிய ஜார்யா (Zarya) என்ற அடிப்படை வசதிகளை அளிக்கும் பகுதியை சுற்றுப்பாதையில் செலுத்தினார்கள். இரண்டு ஆண்டுகள் தாமதமாக இக்கலன் செலுத்தப்பட்டாலும், இந்த நிலையத்தின் முதற்பகுதியாக இயங்கவிருப்பதால் பலரும் ஆவலுடன் கவனித் தனர். பதிமூன்று நாட்களுக்குப் பின்னர், அமெரிக்கர்கள் அமைத்த யூனிடி (Unity) என்ற பகுதியை சுற்றுப்பாதைக்கு அனுப்பினார்கள். ஒட்டுமொத்தமாக, நிலையத்தில் ஆறு பகுதிகள் இருக்கும். (படம் 55).

இரண்டு பகுதிகளையும் இணைக்க 21 மணி 22 நிமிடங்கள் பிடித்தன. இவை பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையத்தின் முதல் இரண்டு பகுதிகளாக இயங்கின. மூன்று விண்வெளி வீரர்கள் நிலையத்தில் எப்பொழுதும் தங்கத் திட்டமிட்டுள்ளனர். நிலையத்தின் எல்லா பகுதிகளிலும் பணிகளை செய்து முடிக்க



படம் 55. பன்னாட்டு விண்கலன். 1998இல் இதனை அமைக்கத் துவங்கினர். 2005இல் முடியும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. விஞ்ஞான தொழிற் நுட்பத் துறைகளில் உலகம் கண்டிராத அளவிற்கு பன்னாட்டு முயற்சி விண்வெளியில் நடைபெற உள்ளது.

குறைந்தது 35 ஷட்டில் பயணங்களும், எட்டு ரஷ்ய ஏவுகணைகளும் தேவைப்படும் என்று கூறப்படுகிறது.

வரும் நான்கு ஆண்டுகளில் (2004 வரை) ஐரோப்பிய, ஜப்பானிய, கானடா நாட்டுப் பகுதிகள் இணைக்கப்பட உள்ளன. கலனில் நடைபெற உள்ள பரிசோதனைகளில் 16 நாடுகள் பங்கு பெறும். இதுவரை நடைபெறாத உலக விஞ்ஞான, தொழிற்நுட்ப திட்டமென இந்நிலையம் செயல்படும்.

நூற்றுக்கணக்கான பொருட்கள் விண்வெளியில் சுற்றி வருவதால், பன்னாட்டு விண்நிலையத்திற்கு ஆபத்து வராமல் இருக்க வேண்டும். 1999இல் செயலாற்றிய ரஷ்ய ஏவுகணையின் படிவம் ஒன்று விண்நிலையத்தை நோக்கிவிரைந்தது. அமெரிக்க விண்வெளிக் கண்காணிப்பு மேலிடம் அந்த ஏவுகணை விண் நிலையத்திற்கு ஒரே கிலோமீட்டர் தொலைவில் கடந்து செல்லும் என அறிவித்தது. ஆளில்லாத ரஷ்யப் பகுதி, ஜார்யா (Zarya) ஒரு விசை உந்தியை இயக்குமாறு பணிக்கப்பட்டது; ஆனால், அதன் கணிப்பொறிகள் கட்டளையை ஏற்கவில்லை. அதற்கு மாறாக, நிலையத்தின் உயர்கட்டுப்பாட்டு முறை மூடப்பட்டது. இதற் கிடையே, விண்ணில் வந்த வேண்டாத பொருட்கள் பன்னாட்டு நிலையத்திற்கு ஏழு கிலோமீட்டர் தொலைவில் கடந்து சென்றன!

பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையம் புவிக்கு மேலே 380 கி.மீ. தொலைவில் சுற்றும். ஒருமுறை சுற்ற 90 நிமிடங்கள் பிடிக்கின்றன. ஒவ்வொரு சுற்றின் பொழுதும், புவியின் நிழலில் செல்லும்பொழுது, கதிரவன் மறைக்கப்படுவதால், நிலையத்தின் மின்கலன்கள் மின் ஆற்றலை அளிக்கின்றன. நிலையம் புவிக்கு 51.6° கோணத்தில் சுற்றுவதால், உலக மக்கட்தொகையில் (95 விழுக்காடு) பெரும் பாலோர் உள்ள இடங்களுக்கு மேலே அது செல்ல முடியும். 400 டன் எடையுள்ள இந்நிலையம் இரண்டு போயிங்–747 விமானங் களுக்குச் சமமாக இருக்கும்.

அக்டோபர் 2000இல் முதல் மூவர் குழு நிலையத்தை அடைந்தது. மூவரும் விண்வெளிவீரர்கள்: ஷெப்பர்டு, கிரி காலெவ், ஜிட்ஜென்கோ (Shepherd, Krikalev, Gidzenko) இவர்கள் நிலையத்தில் 141 நாட்கள் தங்கியபின் அமெரிக்க ஷட்டிலில் திரும்பினர். 2000 டிசம்பரில் உலகிலேயே மிகப் பெரிய கதிரவனின் ஆற்றல் பெறும் பலகைகள் நான்கை (13 மீட்டர் நீளமுள்ள) பொருத்தினர். அவை 64 கிலோ வாட் மின்ஆற்றலை அளிக்கவல்லது. 2001 பிப்ரவரியில் அமெரிக்காவின் முதல் பரிசோதனைக்கூடம், டெஸ்டினி (Destiny) நிலையத்துடன்

சேர்க்கப்பட்டது. இது பல ஆராய்ச்சிகளைச் செய்ய உதவும். மனித உடலைப் பற்றியும் புவியின் வளங்களைக் கண்காணிக்கவும் இந்த ஆய்வுகள் உதவும்.

விண்வெளியில் சுற்றுலாப் பயணி

2001 மே மாதம், அமெரிக்க கோடீஸ்வரர் டெனிஸ் டிடோ (Dennis Tito) என்பவர் 900கோடி ரூபாய்க்குச் சமமான அமெரிக்க டாலர்களை ரஷ்யாவிற்குக் கொடுத்து, அவர்களது சோயூஸ் கோளில் (இரு ரஷ்ய விண்வெளி வீரர்களுடன்) சென்று, சுற்றுலா பயணியாக விண்வெளி நிலையத்தின் ரஷ்யப்பகுதியில் தங்கி புவிக்குத் திரும்பினார். 60 வயதான டிட்டோ செல்வதற்கு அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம் மறுப்பு தெரிவித்தது. ஆனால் ரஷ்யா பன்னாட்டு நிலையத்திற்கு அவரை அழைத்துச் செல்ல அதற்கு உரிமை உண்டு என்று கூறி மறுப்பைப் பொருட்படுத்த வில்லை. தனது நீண்ட நாள் கனவு நனவாகியது என்று கூறிய டிட்டோ விண்வெளியிலிருந்து புவியைப் பார்த்து பரவச மடைந்தார். அவரது உடல் நிலையும் இயல்பாகவே இருந்தது. உலகின் முதல் விண்வெளிச் சுற்றுலாப் பயணி என்ற புகழையும் அடைந்தார்!

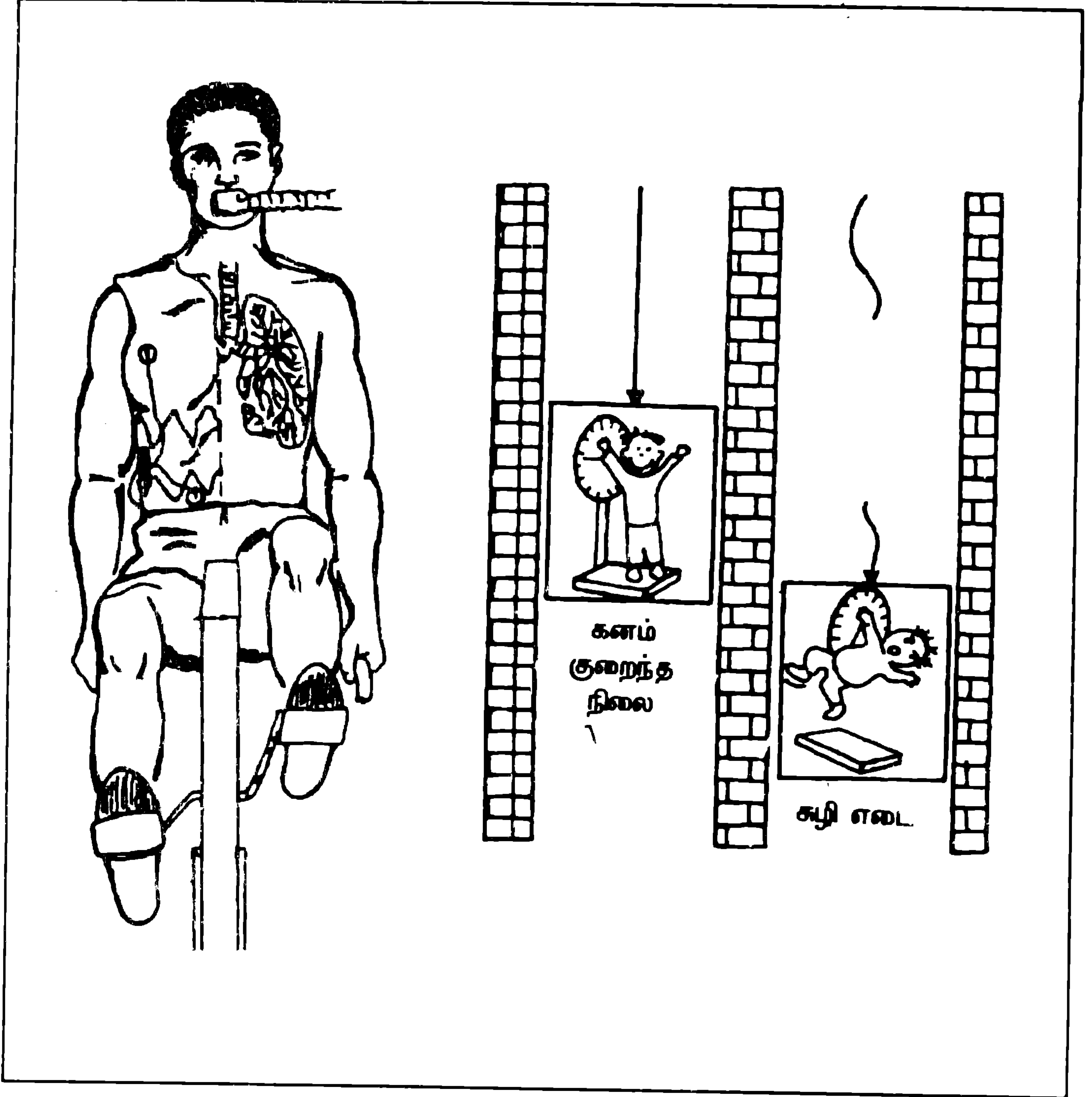
பன்னாட்டு விண்நிலையத்தில் தங்குவோருக்கு சுமார் 20 டன் பொருட்கள் ஆண்டொன்றிற்குத் தேவைப்படும் என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. ரஷ்ய ‘புரோகிரஸ்’ என்ற சரக்குக் கலன்களும் அமெரிக்க ஷட்டில்களும் தேவையான பொருட்களை கொண்டுசெல்லும். ஐரோப்பிய சரக்குக் கலன் ஒன்றும் தயார் செய்யப்பட்டு வருகின்றது. ஒன்பது டன் எரிபொருளையும், பொருட்களையும் எடுத்துச் செல்லும். நிலையத்துடன் தானாகவே இணைந்து அதிலிருக்கும் கழிவுப் பொருட்களை ஏற்றிக் கொண்டு, அவற்றை காற்றுவெளியில் எரித்துவிடும். இந்தக் கலனை மீண்டும் பயன்படுமாறு அமைக்கவும் திட்டம் உள்ளது. மேலும், அவசர காலத்தில், ஏழு விண்வெளி வீரர்கள் புவிக்குத் திரும்ப இயலும்படி ஒரு கலனையும் ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம் அமைத்து வருகின்றது.

22

ஆப்பிள் மிதக்குமிடத்திலே

உயர்த்தி ஒன்றில் நின்றுகொண்டு, ஒரு நாணயத்தை நீங்கள் அதனுள் கீழே போட்டால், நாணயம் உயர்த்தியின் தரையில் விழுந்துவிடும். ஆனால், அந்த உயர்த்தியின் கம்பி திடீரென அறுந்துவிட்டால், உயர்த்தி கீழே விழத் தொடங்கியதும், நாணயம் சற்றே மிதக்கும்; ஏனென்றால், உயர்த்தியும் அதில் உள்ள எல்லா பொருட்களும் 'தடையற்ற வீழ்ச்சி' நிலையை அடையும். அப்பொழுது நீங்கள் உங்களுடைய எடையை உணருவதில்லை; எடையின்மையை நீங்கள் அனுபவிக்கின்றீர்கள் (படம் 56). இந்த நிலையை அதி வேகத்தில் வளைவான வழியாகச் சரேலென்று கீழ்நோக்கி விரையும் போர் விமானத்தில் சுமார் 30 வினாடிகளுக்கு அதில் செல்லும் பயணிகள் உணரலாம். இந்நிலையைத் தொடர்ந்து உணர, ஒரு விண்கலனில் மணிக்கு 27,740 கி.மீ. வேகத்தில் 320 கி.மீ. உயரத்தில் செல்லவேண்டும். உதாரணமாக, அமெரிக்க ஷட்டில் கலனில் பயணம் செய்வோர் எடையின்மையை உணருகின்றனர். இந்தத் தடையற்ற நிலை புவியின் ஈர்ப்பு விசை இல்லாததால் ஏற்படுவதில்லை. ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்துச் செல்லும் விண் கலனின் வேகத்தால் ஏற்படும் ஒருவிளைவே எடையின்மை. ஈர்ப்பு விசை இல்லாவிட்டால், விண்கலன் வட்டமான சுற்றுப்பாதையில் இயங்க இயலாது.

இக்கருத்தை நியூட்டன் அன்றே விவரித்துள்ளார். காற்று வெளிக்கு மேலே ஒரு உயர்ந்த மலையிலிருந்து பீரங்கிக் குண்டு ஒன்றை போதிய திறனுடன் வெடித்துச் செலுத்தினால், ஈர்ப்பு விசையைத் தவிர வேறு ஒரு விசையும் இல்லாவிடின், அந்தக் குண்டு புவியைச் சுற்றிவிழுந்துகொண்டே வரும்; ஆனால் கீழே விழாதபடி அதன் திறன் அதை மேலும் தொடர்ந்து செலுத்திக் கொண்டே இருக்கும் என்றார். இந்தக் கற்பனை இன்று நனவாகி



படம் 56. ஒரு உயர்த்தித் திடீரென தரை நோக்கி விழுந்தால், அதில் செல்லும் பயணி எடையின்மையை உணர்வார். விண்வெளியில் எடையின்மை தொடர்ந்து இருப்பதால், பல பரிசோதனைகள் நடைபெற்றுள்ளன. நமது உடலும், உயிரினங்களும் இயங்கும் விதத்தில், வியக்கத்தக்க தகவல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

அவர் கூறியதை உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. ஷட்டில், புவியின் வளைவுக்கு இணையான 'கோட்டில்' தனது சுற்றுப்பாதையில் தேவையான வேகத்தில் செல்கின்றது. சுற்றும் உயரத்தில் காற்று வெளியின் உராய்வு மிகவும் குறைந்துள்ளது. ஆனால் புவியின் ஈர்ப்பு விசை அனேகமாக தரைமட்டத்தில் இருப்பதைப் போலவே உள்ளது. ஈர்ப்புவிசையை சமாளித்துத் தொடர்ந்து சுற்றும் கலனிற்குள், குறைந்த ஈர்ப்புவிசையை உணர்ந்து பயணிகள் 'மிதக்கின்றனர்'. இதை நுண் ஈர்ப்புவிசை என்றும் அழைக்கின்றனர்.

ஆப்பிள் ஒன்றைத் தரைக்கு இழுக்கும் ஈர்ப்புவிசை கலனுக்கு வெளியே அனேகமாக மாறாது இருப்பினும், கலனிற்குள், கலன் செல்லும் வேகத்தின் விளைவாக, ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து பிரிக்கப் பட்டு, விழும் ஆப்பிள், நுண் ஈர்ப்புவிசையிலேயே இருப்பதால் மிதக்கின்றது.

நிலாவில் விண்வெளி வீரர்கள் புவியின் தரைமட்டத்தில் இருப்பதைவிட ஆறில் ஒரு பங்கு ஈர்ப்பு விசையை உணர்ந்தனர். புவியிலிருந்து அனேகமாக 6.37 மில்லியன் கி.மீ. தொலைவு சென்றால்தான் (அதாவது நிலவைக் காட்டிலும் 17மடங்கு அதிகத் தொலைவு), புவியின் தரை ஈர்ப்புவிசை ஒருமில்லியனாகக் குறையும் எனக் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

வாழ்க்கையும் ஈர்ப்புவிசையும் கடந்த இரண்டாயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகளாகச் சேர்ந்தே இயங்கி வந்துள்ளன. வாழ்க்கைக்கு ஈர்ப்புவிசை தேவையா? விண்வெளிக்காலம் தோன்றிய பின்னரே இந்த வினாவைக் கேட்க முடியும். ஈர்ப்பு விசையின் விளைவைக் கண்டு நாம் வியக்கின்றோம். மேல், கீழ் என்று நாம் உணரவும், செங்குத்தாகவும் கிடைமட்டமாகவும் உள்ள நிலைகளை அறியவும் ஈர்ப்புவிசைதான் காரணம் என்று தோன்றுவது உண்மையா? இவ்வினாக்களுக்கு விடைதேடும் முயற்சி, மனிதகுலத்துக்கே ஒருபுதிய வாழ்வை அளிக்கவல்ல வாய்ப்புகளை அறிவிக்கத் துவங்கியுள்ளன.

சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் விண்கலன்கள் நுண் ஈர்ப்பு விசையைச் சார்ந்த பரிசோதனைகளைச் செய்ய உகந்த வாய்ப்பை அளிக்கின்றன. புவியில் தோன்றியுள்ள உயிரினங்களின்மீது ஈர்ப்பு விசையின் விளைவை அறிய ஒரு புதியஆய்வு எல்லையை, பல மாதங்கள் தொடர்ந்து விண்கலனில் தங்கும் பயணிகள் அடைந் துள்ளனர். தடையின்றி விழும் சூழ்நிலை, நுட்பமான, சிக்கலான பல உண்மைகளை அறிவிக்கின்றன; புவியில் அவை சாதாரண ஈர்ப்பு விசையின் வலுவால் மறைக்கப்பட்டுள்ளன. உதாரணமாக, விண்ணின் அசாதாரண சூழ்நிலையால் பலவிளைவுகள் காணப் படுகின்றன. இதயம், எலும்பு, தசை, இரத்த ஓட்டம் போன்றவைகள் இயங்கும்விதம், கனிமம், நீர்மப் பொருட்கள், தீ போன்றவற்றின் தன்மை, தாவர, விலங்கு இனங்கள் செயல்படும் விதம் ஆகிய வற்றை புதிய சூழ்நிலையில் ஆராய உதவுகின்றன. உயிருள்ள வற்றின் மீதும், பொருட்கள் மீதும் நுண் ஈர்ப்புவிசையால் தோன்றும் விளைவுகளை ஆராய்ந்தால், புவி வாழ்க்கையை மேலும் நன்கு புரிந்துகொள்ளலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் நம்புகின்றனர்.

நம்மையே மீண்டும் கண்டறிதல்

ஆளுடன் சென்ற கலன்களில் மனித உடலியல் பற்றிய பரிசோதனைகள் பல செய்யப்பட்டன. குறிப்பாக, எலும்பு, தசை இழப்பு, தசைகள் மாறி இயங்கும் விதம், மூச்சு விடுதல், தூக்கம், இரவுபகல் என்ற நிலைக்கு ஏற்ப உடலில் தோன்றும் மாறுதல்கள், நரம்புகளின் இயக்கம், புதிய சூழ்நிலையில் உடல் இயங்கும்முறை போன்ற பல அம்சங்களை உற்றுநோக்கி ஆராய்ந்து வந்துள்ளனர். மீன், எலி, குரங்கு, தாவரம் போன்ற உயிரினங்களைப் பற்றிய தகவல்களையும் சேகரித்துள்ளனர்.

1963இல் மெர்குரி (Mercury) என்ற கலனில் புவியைச் சுற்றி வந்த முதல் அமெரிக்க விண்வெளி வீரர் ஜான் கிளென் (John Glenn Jr) (அமெரிக்க மேல் அவை உறுப்பினர்) மீண்டும் விண் வெளிப் பயணத்தை மேற்கொண்டார். 36 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு 1999 நவம்பரில் ஷட்டில் குழுவில் ஒருவராகச் சென்றார். அப்பொழுது அவருக்கு வயது 77. முதுமை பற்றிய பரிசோதனை களில் பங்கேற்றார். ரத்த அழுத்தம், வயதாகும் முறை, எலும்புத் தேய்வு, நிலைதவறிச் செயல்படுவது, தசைகள் பயனற்றுப்போகும் நிலை, ஒழுங்கற்ற தூக்கம், நோய் எதிர்ப்பு நிலையின் திறன் குறைதல் ஆகியவற்றை ஆராயும் திட்டங்களில் பங்கேற்றார். சிறு அலைபரப்பி யைக் கொண்ட மாத்திரையை உட்கொண்டார்; அது அவருடைய உள்உடலின் வெப்பநிலையை துல்லியமாகப் பதிவு செய்து அறிவித்தது. கலனில் சுமார் 1500 புரதங்களின் வளர்ச்சிப் படிகங் களைப் பரிசோதிக்க இயன்றது. அவை புற்றுநோய், இதயக் கோளாறு போன்ற நிலைகளைச் சமாளிக்க உதவுமா என ஆராய்ந்தனர். செயற்கை முறையில் எலும்பு, சிவப்பு இரத்தம் போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்ய இயலுமா எனவும் ஆராய்ந்தனர்.

பல வினாக்களுக்கு விண்ணில் நெடுநாட்கள் நீடிக்கும் பயணங்களில்தான் பதில் கிடைக்கும். உதாரணமாக, எலும்பின் கனிமக் குறைவு சிறுநீரகத்தில் கற்களை தோற்றுவிக்குமா? நிற்க உதவும் தசையின் இழப்பை சரிசெய்ய முடியுமா? எதிர்பாராத அளவிற்கு அதிகமான 'ஏரோசால்' என்ற நுண்பொருள்கள் சுவாசப் பையில் படிந்துள்ளதால் நோய் எளிதில் தொற்றிக் கொள்ளுமா? உயிரினங்களின் (உதாரணமாக, தவளை, எலி) வளர்ச்சி நிலைமாறுபடும் சில வேளைகளில், ஈர்ப்புவிசை அவசியமா? காதுவழியே தன்னிலையை உணரும் ஆற்றல் ஈர்ப்பு விசை குறைந்ததால் பயனாகுமா? பயிர்களின் வேர், உயிர்

வளியையும் தண்ணீரையும் உட்கொள்வதில் ஈர்ப்புவிசை குறைந்ததால் மாற்றம் ஏதும் உள்ளதா? இதுபோன்ற வினாக்களுக்குப் பதில் தேடி பரிசோதனைகள் நடைபெறுகின்றன.

கால்சியம் இழப்பு

விண்வெளிப் பயணங்களில் மிகப் புதிராகவும், ஏமாற்றத்தை அளிப்பதாகவும் தோன்றி இருப்பது எலும்புகளில் உள்ள கால்சியம் இழப்பே. 175 நாட்கள் விண்ணில் தங்கிய ரஷ்ய வீரர்கள் தமது எலும்புப் பொருண்மையை மிகவும் குறைந்த அளவில் இழந்தது வியக்கத்தக்கது. எலும்பின் உள் அமைப்பு மாறுவதுதான் தீங்கை விளைவிக்கின்றது. சிறுநீரில் உள்ள கால்சியம் 50 விழுக்காடு அதிக மாகிறது. இருதய சுவாச அமைப்பில் அதிகப்படியான கால்சியம் வெள்ளமென பெருகிறது. தேய்ந்த எலும்புகளால் அவதியுறும் முதியவர்களைப்போல விண்வெளிப் பயணிகளின் நிலை மாறுகிறது. இதன் விளைவு ஆபத்தானது; எலும்புகள் எளிதில் முறிந்து விடுகின்றன.

உலகின் முதல் விண்வெளி மருத்துவர், டாக்டர் போரிஸ் யோகராஃவ் (Boris Yegorov) இந்நூலின் ஆசிரியருக்கு மாஸ்கோவில் ஒரு பேட்டி அளித்தார். உதாரணமாக, உடலின் கீழ்பாகத்திலிருந்து இரத்தம் மேல் பாகத்திற்குப் பாய்வதால் தலைகீழாகத் தொங்குவது போல உணர்ச்சி தோன்றும். மனித உடல் வியக்கத்தக்க வகையில் புதிய சூழ்நிலைக்கு ஏற்றபடி மாற்றிக் கொள்கின்றது என்று பலர் கருதுகின்றனர். ஆனால் இதற்கு ஐந்து அல்லது ஏழு நாட்கள் தேவைப்படுகின்றது. விண்வெளியில் அதிக நாள் தங்கத் தங்க, பயணிகள் தங்களது நிலையில் நல்ல பலனை அடைகிறார்கள். ரஷ்ய விண்வெளி மருத்துவர் கூறியது இன்றும் விண்வெளிப் பயணிகள் சமாளிக்க வேண்டிய சவாலாகவே உள்ளது.

விண்வெளியில் அழுத்தம் இல்லாததால், அதை சமாளிக்க வலுவான எலும்புக்கூடும் தசைகளும் தேவையில்லை. தசைகள் சுருங்கி, எலும்பில் கால்சியம் குறைந்துவிடும். (இளைக்க வேண்டுவோர் கவனிக்க!) உடலில் சாதாரணமாக உள்ள நீர் அளவும் தேவைப்படாது. இதயத் துடிப்பு குறைகின்றது. குறைந்த அளவிலேயே துடிப்பு காணப்படுகிறது. நீண்டநாள் படுக்கையில் கிடந்த நோயாளிகளைப்போல,விண்வெளி வீரர்களின் எடை குறைகிறது. டாக்டர் யோகராஃப் கூறியபடி கால்சியத்தை நிலைப் படுத்தி உடலில் நிறுத்திக்கொள்ள தக்க மருந்து எதுவும் இல்லை.

ரத்தம் மற்றும் இதர நீர்மப் பொருட்களும் இடமாற்றம் செய்யப் படுவதால், ரத்தஓட்டம், சிறுநீர்ப்பைகளின் உப்பு, தண்ணீர் போன்றவற்றின் வெளியேற்றம் ஆகியவற்றில் மாற்றம் தென்படு கின்றது. இப்பொழுதும் இவை ஒரு புதிராகவே உள்ளன.

உடற்பயிற்சி, இதயத்திற்கும் ரத்த அழுத்தத்தை சரியாக வைக்கவும் ஒரு வாய்ப்பை அளிக்கின்றது. நிலையாக பொருத்தப் பட்ட சைக்கிள் பெடல்களை மிதித்தால், செங்குத்தான மலைமீது ஏறும் உணர்ச்சி தோன்றுகிறது. உடலில் கீழ்பாகத்திற்கு எதிர் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் கருவி ஒன்றைப் பயன்படுத்தினர். இதனால் ரத்தம் கால்களுக்கு இழக்கப்பட்டு, இதயத்திற்கும் சற்று அதிகப் பணிபுரியும் வாய்ப்பை அளிக்கின்றது. பென்குவின் பறவைகள்போல நடக்கவைக்கும் உடுப்புகளை அணிந்தால் ரத்த ஓட்டம் அநேகமாக இயல்பான நிலைக்கு வரும் என்று கூறப் பட்டது. புவிக்குத் திரும்பியதும் இயல்பான ஈர்ப்புவிசையை எளிதாக உணர வேண்டுமென்றால், விண்வெளியில் இருக்கும் பொழுதே அதற்கான ஏற்பாடுகளைச் செய்து உடலைத் தயாராக வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

நீண்டநாள் விண்வெளியில் தங்கித் திரும்பும் பயணிகள் புவிக்குத் திரும்பியதும் உடனடியாக எழுந்து நிற்கவோ, நடக்கவோ முடியாது. விண் வெளியில் அவர்கள் செய்த உடற்பயிற்சி பெருமளவிற்குப் பயன்படுகின்றது. டாக்டர் யோகராஃவ் கூறியபடி, 'செயற்கை ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து இயற்கை ஈர்ப்புவிசைக்கு மாறி, மாறி கட்டுப்படுவது உகந்தது அல்ல. பயணம் துவங்கியதுமே, ஈர்ப்பு விசைக் கருவிகளை பயன்படுத்துவது நல்லது.

உயரமாக வளர!

இவ்வுலகில் நாம் தோன்றியது முதல், தரைமட்டத்தில் நாம் உணரும் ஈர்ப்பு விசையை உணர்ந்து (இதை ஒரு 'ஜி' என்றும் அழைக் கின்றனர்) 'மேல், கீழ்' என்ற நிலையைப் புரிந்து கொள்ளும்படி நமக்குப் பழக்கமாகிவிட்டது. ஆனால் விண் வெளியில் மேல், கீழ் என்ற நிலை இல்லாவிட்டாலும், உட்காதில் உள்ள நுண்ணிய உறுப்பு ஒன்று இயல்பாகவே சூழ்நிலைக்குத் தக்கபடி நம்மைத் தடுமாறாமல் நிற்கவும், திசைவாக்கம் காணவும் தொடர்ந்து உதவுகின்றன. மேலும், விண்வெளியில் தூக்கக் கோளாறுகள் தோன்றுகின்றன; ஆனால் சில நாட்களுக்குள் அவை சரிப்படுத்தப் படுகின்றன. வயிற்றுப்போக்கும், முதுகு வலியும் சாதாரணமாக

எல்லோருக்கும் வரும்; ஆனால் அவற்றையும் சில நாட்களில் சமாளிக்கின்றனர். 15 நாட்கள் சுற்றுப்பாதையில் இருந்தால், புவி திரும்பியதும் விண்வெளியின் 'தேக்க' நிலை தெளிய சுமார் எட்டு நாட்கள் தேவை என்று கூறுகின்றனர். ஆனால், நுண் ஈர்ப்பு விசையால் ஏற்படக்கூடிய நிரந்தர விளைவுகளை சரிவர அறிந்து கொள்ள இயலவில்லை.

உடலியலில் ஏற்படும் மாறுதல்களை மாற்றலாம் என்று கருதிப் பல பரிசோதனைகளை செய்துள்ளனர். சுமார் 0.5—2 லிட்டர் ரத்தம் உடலின் கீழ்பகுதியிலிருந்து மேற்பகுதிக்குச் செல்வதால், உடல்நீரை சமநிலையில் வைக்கும். மூலக்கூறுகள் சுரப்பது குறைந்துவிடுகின்றன. உடலில் உள்ள நீர் 2 முதல் 4 கிலோ குறைந்துவிடுகின்றது. ஆனால் புவிக்குத் திரும்பியதும் இயல்பான அளவிற்கு விரைவாக மீண்டும் வந்துவிடுகின்றது. தளத்தைவிட்டு ஏவுகணை புறப்படும்பொழுது உணரப்படும் அதிகமான ஈர்ப்புவிசை இயல்பாக இருப்பதைக் காட்டிலும் எட்டு மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். இந்த நிலையை இதயம் தாங்கிக் கொள்ள வேண்டும்; பின்னர் மூளைக்குத் தேவையான ரத்தத்தை இதயம் அனுப்பும். இருப்பினும், தரைமட்டத்தில் நின்று கொண்டுள்ள மனிதனின் ரத்த பராமரிப்பை விண்வெளியில் இதயம் செய்யாது. உடலின் கீழ்ப்பகுதிக்கு ரத்தம்அதிகமாகச் செல்வதால் இதயத்தின் தசைகள் குறைந்து, வீணாகக்கூடும் என்று சிலர் கருதுகிறார்கள்.

மூச்சுவிடவோ, சாப்பிடவோ, சரிந்து கொள்ளவோ விண் வெளியில் சிக்கல் எதுவும் இல்லை. ஆனால், ரத்தத்தில் உள்ள சிவப்புக் கண்ணறைகளில் சில, நீள்வட்ட வடிவை அடைந்து விடும்; அவற்றின் பொருண்மையும் குறைந்துவிடுகிறது. 175 நாட்கள் விண்வெளியில் தங்கிய ரஷ்ய விண்வெளி வீரரிடம் இந்த விளைவைக் கண்டனர். இதைவிட மோசமான விளைவு என்ன வென்றால், நோய்களை எதிர்க்கும் ஆற்றல் உடலில் குறைந்து விடுகின்றது. தீங்கு விளைவிக்கும் கிருமிகளை அழிக்கும் திறனும் குறைகின்றது. புவிக்குத் திரும்பிய பிறகு இயல்பான நிலை திரும்பு வதைக் கண்டுள்ளனர். எனினும், இத்துறையில் தொடர்ந்த பரிசோதனைகள் செய்யப்படும். விண்வெளியில் எளிதாகச் சளி பிடித்துவிடும் போலும்!

நுண் ஈர்ப்பு விசையின் மிக விநோத விளைவு முதுகெலும்பில் தென்படுகின்றது. 1.75மீ. உயரமுள்ளவரின் முதுகெலும்பு நான்கு சென்டிமீட்டர் விரிகின்றது. முதுகெலும்பின் தட்டங்கள் மீதுள்ள

அழுத்தம் விண்ணில் குறைந்துவிடுவதே இதற்குக் காரணம் என்று கருதுகிறார்கள். புவிக்குத் திரும்பியபின் இந்த விளைவு நீடிப்பதில்லை.

இந்திய விண்வெளி வீரரின் அனுபவம்

இந்திய விமானப்படையின் விமான நிறுவனம், இந்துஸ்தான் ஏரோநாடிக்ஸ் லிமிடெட் (Hindustan Aeronautics Ltd) என்ற பொதுத்துறை உற்பத்தி நிறுவனத்தின் உதவியுடன் விண்வெளி வீரர்களின் இதயமூச்சு நிலைமையை அறிய ஒரு இதயத்துடிப்பு மானியை உருவாக்கியது. இந்திய விமானப் படையைச் சேர்ந்த ஸ்குவாட்ரன் லீடர் ராகேஷ் சர்மாவும் (Squadron Leader Rakesh Sharma), விங் கமாண்டர் ரவீஷ் மல்ஹோத்ராவும் (Wing Commander Ravish Malhotra) ரஷ்ய விண்வெளிக்கலனில் செல்ல பயிற்சிபெற தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டனர். அவர்கள் இதயத் துடிப்பு மானியைப் பயன்படுத்திக் கொண்டனர். சோதனை விமான ஓட்டிகளாக விமானங்களில் சில வினாடிகளுக்கு நுண் ஈர்ப்பு விசையை அவர்கள் உணர்ந்திருந்தனர். அதிக ஈர்ப்பு விசையையும் தரையில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு சுழற் கம்பியில் அமர்ந்து உணர்ந்தனர். செங்குத்தாக சரேலென்று மேலே ஏவுகணை ஏறும்பொழுது ஏற்படும் விளைவுகளை உணர, உடல் அழுத்தம் அகற்றும் அறையில் தங்களைப் பரிசோதித்துக் கொண்டனர். இருந்த இடத்திலேயே ஓடிக்கொண்டிருக்கும் 'பாதை' மேல் நடந்து, இதயத் துடிப்பைக் கவனித்தனர். புரண்டும், திசைமாறியும், சாய்ந்தும் தமது உடலின் பொறுத்துக் கொள்ளும் திறனையும், தள்ளாடாது நிலைக்கும் ஆற்றலையும் உணர, அதற்கேற்ற சூழ் நிலைகள் ஏற்படுத்தப்பட்ட கூடங்களில் தங்களைப் பரிசோதித்துக் கொண்டனர்.

விண்வெளிப் பயணத்தின் துவக்கத்தில் சாதாரணமாக தலைசுற்றி வாயிலெடுக்கும் நிலையைத் தாங்கும் திறனை மதிப்பிட, இருக்கை ஒன்றில் அமர்ந்து, தம்மை நிமிடத்திற்கு 30 முறை கடிகாரம் செல்லும் திசையிலும், அதற்கு எதிர்திசையிலும் சுற்றிச் சுற்றிப் பரிசோதனை செய்துகொண்டனர். யோகா பயிற்சிகளையும் மேற்கொண்டனர். விண்வெளிப் பயணத்தின் அவதிகளை சமாளிக்க யோகா பயன்படுமா என்று அறிய இயன்றது. பயணத்தின் முதல் சில நாட்களில் தலைசுற்றும் நிலை, நமது நிலைப்பை அறிவிக்கும் காதினுள் இருக்கும் உணர்வியுடன்

இணையாது, கண்கள் அசைவதால் தோன்றுகிறதா என்று பரிசோதனை செய்தனர்.

ராகேஷ் சர்மா விண்வெளிப் பயணத்திற்குத் தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டார். பயணத்தில் அசைவால் அவர் அவதியுறவில்லை என்று கூறப்பட்டது. சுறுசுறுப்பாகவும் மலர்ந்த முகத்துடனும் பணி புரிந்தார்! ஏவுகணை புறப்பட்ட சில நிமிடங்களுக்கு இதயத் துடிப்பு எதிர்பார்த்தபடி அதிகரித்தது. ஆனால் மதிப்பீட்டு அளவிற் குள்ளேயே துடிப்பு இருந்தது. பிரதான விண்வெளிஓட்டி (ரஷ்யர்)யின் இதயத் துடிப்பு அதிகமாகவே இருந்தது. ஏனெனில் அவர் பல கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளை ஒரே சமயத்தில் கவனித்துப் பணிபுரிந்தார். ஆனால், முதல்நாளென்றே கலனில் சென்றவர் நன்றாக உறங்கினர். சல்யூட் கலனிலிருந்து தானாகவே வந்த மருத்துவ விவரங்கள் பயணிகளின் உடல்நலம் நன்றாக இருந்ததை அறிவித்தன.

ரத்த ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த சர்மா தனது தொடைகளில் ஒரு பட்டையையும், மணிக்கட்டில் வளையங்களையும் அணிந்தார். தலை பளுவாகத் தோன்றவில்லை. கால்களில் சற்று அதிகமாக ரத்தத்தை நிலைக்க வைக்க சில பரிசோதனைகளைச் செய்தார். தலைக்குச் செல்லும் ரத்தத்தைக் குறைக்க கழுத்தில் பட்டைகள் அணிந்தார். இருப்பினும், ஆறு நாட்கள் நுண் ஈர்ப்புவிசையில் தங்கி திரும்பிய சர்மா மூன்று மடங்கு தாம் பளுவாக இருப்பதாக உணர்ந்தார். மீட்புக் குழுக்கள் அவரையும், அவரது சக பயணி களையும் கலனிலிருந்து தூக்கி இருக்கைகளில் அமர்த்தினர். மற்றபடி பயணிகள் இயல்பாகவே இருந்தனர்; செய்தியாளருடனும் பேசினர்.

உணவும் உறக்கமும்

விண்வெளிப் பயணிகளின் உணவுத் தேவைகள் தொடர்ந்து பரிசீலிக்கப்பட்டு வருகின்றன. பண்டை காலத்தில் உலகப் பயணி மெகாலன் (Megellan) மரத்தூளை உட்கொண்டதாகக் கூறப்பட்டது. ஆனால் இன்று விண்வெளிப் பயணிகள் சாக்லேட் கேக், வான்கோழி இறைச்சி, திராட்சை ரசம் போன்றவற்றை தம்முடன் எடுத்துச் செல்கின்றனர். உணவை சூடு செய்து உட்கொள்கின்றனர். சர்மாவின் உணவு இந்திய நாட்டு ரசனையைக் கொண்டதாக அமைக்கப்பட்டது; இயற்கையான சுவையுடனும், நிறத்துடனும் உட்கொள்ளும்படியும் இருந்தது.

விண்கலனில் உள்ள பயணிக்கு நாள் ஒன்றிற்கு 1530 கிராம் உணவும், 876 கிராம் உயிர்வளியும், 2.5 கிலோ தண்ணீரும், ஒட்டு மொத்தமாக 4.9 கிலோ தேவைப்படுகிறது. உணவு வேண்டுமென்ற ஆவல் இருக்கின்றது; தண்ணீரை சிறப்பான குழாய்மூலம் உறிஞ்சித் தான் குடிக்க வேண்டும். சிந்தினால், நீர்திவலைகள் கலனுள் மிதக்கும்! குளோரின் சில நாட்களுக்குப் பிறகு தண்ணீரின் சுவையை அழித்துவிடுவதால், குடி தண்ணீரில் ஐயோனியம் வெள்ளியை சற்று சேர்க்கின்றனர். ரஷ்யர்கள் கலனுக்குள் இருக்கும் காற்றின் ஈரத்திலிருந்து தண்ணீரை எடுத்து, குடிக்கவும், உணவைக் கலக்கவும் பயன்படுத்தினர். கலனுக்குள் நிலவும் கரியமில வாயுவை ஈர்த்துக் கொள்ள சிறப்பான கருவிகள் பொருத்தப்பட்டன. இது பற்றி அப்போலோ-11இல் சென்று வந்த அமெரிக்க விண்வெளி வீரர், சார்லெஸ் கோன்ராடு (Charles Conrad) இந்நூலாசிரியருக்கு அளித்த இந்தியத் தொலைக்காட்சிப் பேட்டியில், கலனிற்குள் உயிர்வளியும், நைட்ரஜனும் (அல்லது இலீயம்) கலந்து இருப்பதே நல்லது என்று கூறினார். பரிசுத்தமான உயிர்வளிமட்டும் இருந்தால், அது சுவாசப் பைகளுக்குக் கெடுதல் என்பதையும், அதனால் தீப்பிடிக்கும் வாய்ப்பு அதிகரிக்கும் என்றும் சுட்டிக் காட்டினார். உடலின் கழிவுப் பொருட்களை அகற்ற சிறப்பான ஏற்பாடுகள் தேவை என்றார்.

அமெரிக்காவின் ஸ்கைலாப் (Skylab) கலனில் சென்றவர்களது உறக்க நிலையில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல்கள் காணப்படவில்லை. விண்ணில் மேல், கீழ் என்று இல்லாததால், நின்றுகொண்டும், எந்நிலையிலும் தூங்கலாம்! கால்சிய இழப்பும் கவலைக்கிட மளிக்கவில்லை. மாதத்தில் ஆறுகிலோ எடை குறைந்தாலும், உடல் தாங்கும் என்று கண்டனர். ஸ்கைலாப் கலனில் சென்றவர்கள் தங்களைத் தாமே பரிசோதித்துக் கொண்டனர். சுமார் ஏழு லட்சத்திற்கும் அதிகமான உடலியல் ஆய்வுகளை, அவர்களது ரத்தம், சிறுநீர் போன்றவற்றைக்கொண்டு நடத்தினர்.

வியப்பான தோற்றங்கள்

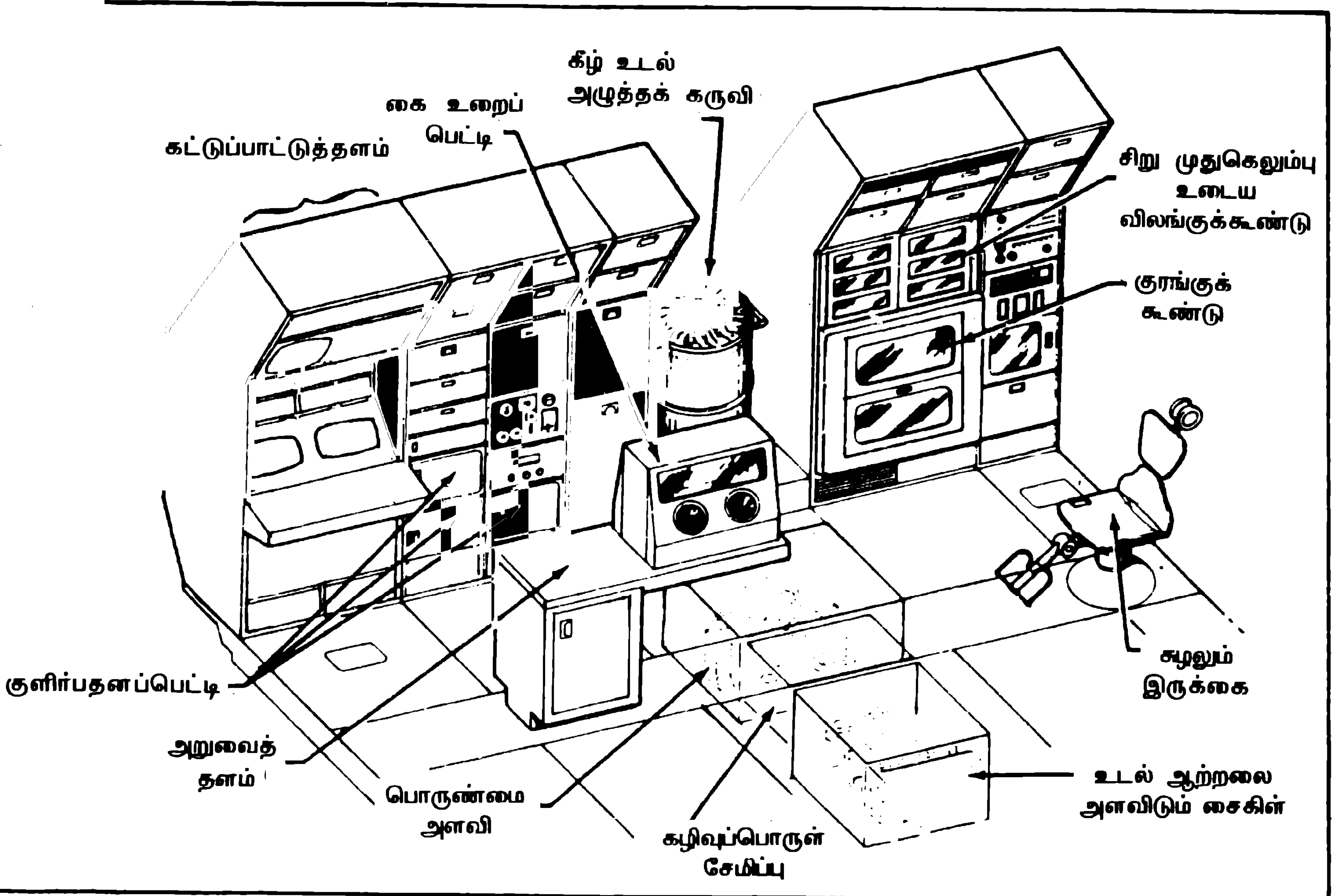
கண்பார்வையைப்பற்றி பலஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றுள்ளன. சிலவிண்வெளிப் பயணிகள் உலகம் தலைகீழாக உள்ளதுபோல் கண்டனர். சில நாட்களுக்குப் பிறகு இந்தப் பொய்த் தோற்றம் நீங்கியது. நரம்பு இணைப்பும் மூளையும், ஈர்ப்பு விசையையும், செல்லும் வேகம் அதிகரிப்பதையும் எப்படி உணர்கின்றன என்பது

ஒரு புதிராகவே உள்ளது. எலியின் மூளையில் மின் உணர்விகளைப் பொருத்தி இதற்கு விடைகாண முயன்றுள்ளனர். ஒரு வியப்பான தோற்றம் என்னவென்றால், தங்களது கண்களை மூடிக் கொண்டாலும் பல பயணிகள் ஒளிப்பிழம்புகளைக் கண்டனர். அவர்கள் கண்ணுற்ற வெள்ளைப்பாதைகள் விண்கதிர்கள் அவர் களது மூளைவழியே சென்றபொழுது ஏற்பட்ட தோற்றங்களாக இருக்கக்கூடும் என்று கூறினர்.

உயிரியல் ஆராய்ச்சிகள்

மின்னேற்றத்தைக்கொண்டு சேர்ந்த பொருட்களை பிரிப்பது கலனில் செய்யப்பட்ட ஒரு பரிசோதனை. உயிரணுக்கள், கைரேகை போல தமக்கே உரிதான மின்னேற்றங்களைக் கொண்டுள்ளன. நீர்மப் பொருட்களையும் இப்படி மின்னேற்றத்தால் பிரிக்கலாம். இம்முறை ஈர்ப்புக் குறைந்த விண்கலனிற்குள் நன்கு பயன்படும். ஷட்டில் கலன்களில் இதுபோன்ற பரிசோதனைகள் செய்யப் பட்டன.

1991இல் உயிரியல் ஆராய்ச்சிக்கென ஒரு விண் பரிசோதனைக் கூடத்தை ஷட்டில் எடுத்துச் சென்றது (படம் 57). ஸ்கைலாப் கலனிற்குப் பிறகு விண்வெளியில் உடலியல் பற்றிய விவரங்களைச் சேகரிக்கச் செலுத்தப்பட்ட முதற் பரிசோதனைக் கூடம் இது. ஒட்டுமொத்தமாக 18 பரிசோதனைகள் செய்யப் பட்டன. விண்வெளிப் பயணத்தில் இதயம், ரத்தம், மூச்சுப்பை, சிறுநீரகம், சுரப்பிகள், ஆகியவை இயங்கும் விதம், விண்வெளி மயக்கம், எலும்பு, தசை, உயிரணுக்கள் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், புவிக்குத் திரும்பியதும் உடல் உறுப்புகள் இயங்கும் விதம் ஆகியவற்றை ஆராய்ந்தனர். முதன் முறையாக மூன்று பெண்களும் கலனை ஓட்டும் குழுவினராகச் சென்றனர். நுண் ஈர்ப்பு விசையினால் ஆணும், பெண்ணும் கலனில் இயங்கும் முறையில் ஏற்படும் மாறுதல்களையும் அறிய முயன்றனர். 2,400 சிறிய மீன்களையும், 29 எலிகளையும் எடுத்துச்சென்று, பிறகு சில எலிகளை ரஷ்யர்களுடன் பகிர்ந்துகொண்டனர்! 1991இல் மூன்று முறை விண்ணில் சென்ற முதல் அமெரிக்கப்பெண் வீராங்கனை, ஷானன் லூசிட் (Shannon Lucid) என்பவராவர். அவர் எதிர் மின்னேற்றத்தை கால்களுக்குச் செலுத்திக் கொண்டார். இதற்கு முன் நடைபெற்ற பரிசோதனைகளில், விண்வெளிப் பயணிகள் உடலின் நீரை காலிற்குக் கொண்டுவர, சற்றே வெற்றிடம்



படம் 57. அமெரிக்க ஷட்டிலில் கொண்டுசென்ற விண்வெளிப் பரிசோதனைக் கூடம், நுண் ஈர்ப்பு விசையில் மனித உடல் இயங்குவதை விவரமாக அறிய உதவும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

உண்டாக்கும் சிறப்பு உடுப்புகளைத் தரித்தனர்.

1992 ஜனவரியில் முதல் பன்னாட்டு நுண் ஈர்ப்புப் பரிசோதனைக் கூடத்தை ஷட்டிலில் எடுத்துச் சென்றனர். பத்து நாட்கள் நடைபெற்ற அந்தப் பணியில் 16 நாட்டு விஞ்ஞானிகள் 55 பரிசோதனைகளை நடத்தினர். ஜப்பான் தனது ஆதரவை அதே ஆண்டு அளித்தது.

சுற்றுப்பாதையில் செல்லும் விண்கலனில் முதன்முதலாக தவளையின் முட்டைகளைக் கருவுறச் செய்தனர். எலும்பு தேய்வதை நிறுத்தவும், தாமதப்படுத்தவும் சில மருந்துகளை எலிகளுக்குக் கொடுத்தனர்.

1993இல் மற்றொரு பரிசோதனைக் கலம் விண்ணிற்குக் கொண்டு செல்லப்பட்டது. உயிரியல், உயிரணுக்கள் வளர்ச்சி, விலங்கினம் போன்ற துறைகளில் சுமார் 30 பரிசோதனைகளை செய்தனர்.

1993இல் மீர் கலத்தில் ரஷ்யர்களும் பிரஞ்சு விண்வெளி வீரர்களும் மருத்துவப் பரிசோதனைகளைச் செய்தனர். ஐந்துபேர் தனித்தனியே விண்வெளியில் 'நடந்தனர்'. நிலையாக இருப்பதை உணர்வது, விண்வெளிக் கதிர்வீச்சு, நோய்களைத் தடுக்கும் உடலின் ஆற்றல் போன்றவற்றை ஆராய்ந்தனர். விதைகளை எடுத்துச் சென்று, நுண்ஈர்ப்பு விசையால் அவற்றின் வளர்ச்சியில் அசாதாரணமான மாறுதல்களை அறிய முற்பட்டனர். 1994இல் இரண்டாவது பன்னாட்டு விண்வெளிப் பரிசோதனைக்கூடம் எடுத்துச் செல்லப்பட்டது.

விண்வெளியில் வேலை செய்தால், களைப்பு வரத்தான் செய்யும் என்பது உறுதியாகிவுள்ளது. விண்வெளிப் பயணிகள் ஒருவரை ஒருவர் தூக்கி, பெரிய எடைகளைத் தூக்க முடியுமா என்று பரிசோதித்தனர். அது கடினமான, களைப்பூட்டும் வேலைதான் என்று கூறினார்கள்.

உயிரியல் பரிசோதனைகள்

பல உயிரினங்கள் விண்வெளியில் கருத்தரிப்பதையும், அந்த உயிரினங்களின் வளர்ச்சியில் நுண் ஈர்ப்பு விசையின் பங்கையும் ஆராயப் பல பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. புவியில் உள்ள அளவு ஈர்ப்புவிசை உயிரினங்களுக்குத் தேவையா என்று அறிய, விண்கலன்களில் பல பரிசோதனைகளை நடத்தி உள்ளனர். ரஷ்யாவின் சல்யூட்–6இல், பெரிய தவளைகளைக் கொண்டு

சென்றனர். அவை ஈர்ப்பு விசையை எப்படி காதுவழியாக உணர் கின்றன என்று பரிசோதித்தனர். பார்வை, நிலைப்பு நிற்கும் விதம் ஆகியவை எப்படி உணரப்படுகின்றன என்றும் சோதித்தனர். மீன்முட்டைகளையும், தலைப்பிரட்டைகளையும் (தவளை) பரிசோதித்து, அவற்றின் வளர்ச்சியில், குறிப்பாக நிலைப்பை உணரும் உறுப்புகளில், மாற்றமெதுவும் இல்லை எனக் கூறினார்கள். தவளைகளின் கருநிலையிலும், விரைவில் வளர்ந்த குட்டிகளின் போக்கிலும் எந்தவிதமான விபரீதமும் ஏற்படவில்லை என்று கூறினர்.

உயிரிகளின் கண்ணறைப் பொருள் நுண்ணிய ஈர்ப்பு விசையால் மாறுபடலாம் என்று ரஷ்ய பையோ கோஸ்மஸ் (Biokosmos 8-9) கோள்கள் பரிசோதனைக்குப்பிறகு அறிவித்தன. உதாரணமாக, கரேசியஸ் மொரோசஸ் (Carausius morosus) என்ற ஒரு பூச்சியின் முட்டைகள் சற்றே வேறு மாதிரியாக வளர்ந்தன. கனி ஈக்களின் போக்கை அவற்றின் முழு வாழ்க்கைச் சுற்றிலும் கவனித்ததில், கட்டுப்படுத்திய ஈக்களைவிட வளர்ச்சி குன்றியதைக் கண்டார்கள். கரு வளர்ச்சியில் எப்பொழுது ஈர்ப்பு விசை அதன் நிலையை மாற்றுகிறது என்று அறிய இயலவில்லை. தேனீக்களின் போக்கையும் கவனித்தனர். எலிகள் சத்துள்ள வில்லைகளையும், பச்சை உருளைக்கிழங்கையுமே உட்கொண்டு வாழமுடியுமா என்று சோதித்தனர். போதிய காலம் தரப்பட்டால், உயிரிகள் நுண் ஈர்ப்பு விசைக்குத் தக்கபடி தம்மை சரிகட்டிக்கொள்ள முடியும் என்பதற் கேற்ப, இரு சிலந்திகள் விண்கலனில் கூடுகட்டுவதை பார்வை யிட்டனர். அமெரிக்க ஸ்கைலாபில் கொண்டு செல்லப்பட்ட, 'அரபெல்லா', 'அனிதா' என்றழைக்கப்பட்ட அந்த சிலந்திகளில், அதிக காலம் விண்ணில் இருந்த அனிதா தாமதமின்றி கூடு கட்டியது.

விண்வெளியில் உள்ள வெற்றிடம், கதிரவனின் கதிர்வீச்சு, அதன் மின்னேற்றத் துகள்கொண்ட 'காற்று', விண்கதிர்கள், மிகுந்த வேறுபாடு கொண்ட வெப்பநிலை போன்றவை, குச்சிவடிவ உயிரி களையும், பூஞ்சைகளையும் உயிருடன் விட்டுவைப்பதை உணர்ந்தனர். விண்கற்களில் உயிரிகளைச் சார்ந்த பொருள்கள் உயிர் வாழமுடியுமா என்று ஆராய இப்பரிசோதனைகள் உதவும். சல்யூட்–6இல் சென்ற விண்வெளி வீரர்களின் 185 நாட்கள் பயணத்தில், அவர்கள் விண்கலனில் தோட்டம் போட்டனர்; முட்டைக்கோசும், வெங்காயமும் நன்றாகவே வளர்ந்தன. தாவர கண்ணறைப் பொருள் பிரிவதையும், குளோரெல்லா (Chlorella)

என்ற செடி வளர்வதையும் கண்டனர். ஒரு புதிய உரத்தைப் பயன்படுத்தியதால் செடிகளின் இலைகள் பெரிதாய் இருந்தது. சிறிய காம்புள்ள கோதுமை, உருளை, காரட், சோயா, அவரை போன்றவற்றை விண்வெளியில் வளர்க்கலாம் என்று கண்டு கொண்டனர். பகல், இரவு போன்ற மாற்றங்களை அறிய எவ்விதமான நினைவுக் குறிப்பும் இன்றி, தாவரங்கள் தமது ஒழுங்கான போக்கைக் கடைப்பிடிப்பதைக் கண்டு வியந்தனர். சீன விண்வெளிக்கோள் ஒன்றில் பல பயிர்களின் விதைகளை விண்கதிர்களின் கதிர்வீச்சுபடும்படி செய்து, அவ்விதைகளால் சிறந்த பண்புடைய பயிர்கள் விளையுமா என்று பரிசோதித்தனர்.

1984இல் செலுத்தப்பட்ட விண்வெளிப் பரிசோதனைக்கூடம் ஆறு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு மீட்கப்பட்டது. அதில் '66 பரிசோதனைகள் நடைபெற்றன. அக்கூடத்தைத் தாக்கிய விண் கதிர்கள் விட்டுச் சென்ற அடையாளங்களை ஆராய்ந்தனர்.

விண் குழந்தைகள்

விண்வெளியில் குழந்தைகள் பிறக்கும் நாள் அதிக தொலைவில் இல்லை! அங்கு பிறந்து வளர்ந்த மனிதர்களால் புவியின் ஈர்ப்பு விசையைத் தாங்கி அங்கே வாழ இயலுமா என்று தெரியாது. ஆனால், நீண்ட விண்வெளிப் பயணங்களை அவர்கள் மேற் கொள்ளலாம். நாளைய விண்வெளிப் பயணிகள், சில விலங்குகள் குளிர்கால உறக்கத்தில் இருப்பதைப்போல ஆழ்ந்த உறக்கத்தைப் பெற்றும், யோகா பயிற்சிகளைச் செய்தும், மூச்சு விடுவதைக் கட்டுப் படுத்தியும், நீண்ட விண்வெளிப் பயணங்களை மேற்கொள்ளலாம்!

புதிய பொருட்களும் செயல்முறைகளும்

விண்வெளியில் மெழுகுவர்த்தி வேறுவிதமாக ஒளிவிடும். புவியில் எரியும் மெழுகுவர்த்தியின் சுடர் கண்ணீர்த்துளி போன்ற வடிவையும், மஞ்சள்நிறத்தையும் மேலே வரும் வெப்பக்காற்றால் அடைகின்றது. ஆனால் விண்வெளியில், ஈர்ப்புவிசைக் குறைந்த சூழ்நிலையில், சுடர்கோள் வடிவமாகவும், நீலமாகவும் (கரி இல்லாததால்) தென்படும்; நீர்மமாகிய மெழுகும் சொட்டாது!

ஈர்ப்பு விசை குறைந்துள்ளதால், விண்கலன்களில் பல பொருட்களைப் பதப்படுத்தியும், கலந்தும் புதிய பயன்களை அடையலாம். புவியின் நிழலில், மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில்

பொருள்களைப் பரிசோதிக்கலாம். நேர்த்தியான வெற்றிடத்தையும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். ஓசை, தூசி போன்றவை இல்லாத சுத்தமான, பரந்த இடத்தில், குறையில்லாது பெரிய அமைப்புகளை அமைக்கலாம். வெப்ப சுழற்சியைக் குறைந்த ஈர்ப்பு விசையால் குறைக்கலாம். பாத்திரமில்லாமல் நீர்மங்களைப் பரிசோதிக்கலாம். மிகக் குறைந்த நீர் அழுத்தமும், மிதப்பாற்றலும் வண்டல் படிவமும் பல பரிசோதனைகளுக்கு உகந்த சூழ்நிலையை அளிக்கும். நீர்ம இயற்பியல் பரிசோதனைகளுக்கு விண்வெளி ஏற்ற இடம். புவியின் ஈர்ப்பு விசை படிகங்களை நீர்ம நிலையிலிருந்து வளர்க்கத் தடையாக உள்ளது. ஒழுங்கான தனிப் படிகங்களை அமைக்க இயலாது. பல வகையில் மாசுகளை புகுத்துவதால் படிகங்களில் பழுதுகள் தோன்றுகின்றன. புவியில் சிலிகான் போன்ற படிகங்கள் அநேகமாக நேர்த்தியாக அமைக்கப்பட்டாலும், காட்மியம், டெல்லூரைடு, துத்தநாகம் போன்றவற்றின் படிகங்களை உண்டாக்க இயலாது. நுண் ஈர்ப்புவிசை தனிப்பட்ட படிக அமைப்புகளை செவ்வனே அமைக்க உதவுகின்றது. புவியில் சிறிய அளவு படிகங்களையே உண்டாக்கலாம். பெரிய அளவில், புரத படிகங்களை அமைத்தால், புரதத்தின் மூலக்கூற்றை சரிவரப் புரிந்து கொள்ளலாம். விண்வெளியில் அத்தகைய படிகங்களைச் செய்யலாம். மரபணு எப்படி புரதமாக மாறுகின்றது என்றும் அறியலாம்.

ஒரு நீர்மப் பொருள், வளியாகப் பிரிக்கப்படும் வெப்ப நிலையும், அழுத்தமும் விண்வெளியில் வேறுபடுகின்றன. உதாரணமாக, ஒரு மில்லிமீட்டர் உயரத்தில் உள்ள நீர்மப் பொருள் புவியில், மேலே இருப்பதைவிட கீழே பத்து விழுக்காடு அதிக அடர்த்தியாக இருக்கும். இத்தகைய அடர்த்தி அடுக்கமைவு விண்ணில் இல்லை. எனவே, தீ பிடிக்காத, நஞ்சற்ற சில வேதிப் பொருள்களைக் கொண்டு விண்ணில் பரிசோதனைகளை நடத்தலாம்.

புவியில் ஒட்டிக்கொள்ளும் விசையைவிட ஈர்ப்புவிசைதான் அதிக ஆற்றல் வாய்ந்தது. ஆகவே, புவியில் தரைமட்டத்தில் உள்ள பல விசைகளை மதிப்பிட விண்வெளிப் பரிசோதனைகள் உதவும்.

செயற்கைக் கோளிற்கு மின் ஆற்றலை கதிரவனிடமிருந்து எடுத்துக் கொள்வதால், கதிரவனின் கதிர்வீச்சுகளை மின்னாற்ற லாக மாற்றும் பலகைகளில் புதியவேதிப் பொருள்களை மதிப்பிடு கின்றனர். காலியம் ஆர்செனைடு (gallium arsenide) இதற்கு உகந்தது என்று கருதுகின்றனர்; ஏனெனில் அவை அதிக அளவிற்கு

கதிரவனின் கதிர்வீச்சுகளை மின்னாற்றலாக மாற்றவல்லது; மேலும், விண்வெளியின் சூழ்நிலையையும் நீண்டநாள் தாங்கும்.

ஐரோப்பிய விண்தளத்தில்—யூரேகா (Eureca) என்ற பரிசோதனைக்கூடத்தில் உலோகங்கள், படிகங்கள், உயிர் வேதியியல் ஆகியவற்றை ஆராய்ந்தனர். அமெரிக்க ஷட்டில் பயணங்களிலும் இத்தகைய பரிசோதனைகள் நடைபெற்றன.

ஒரு இந்தியப் பரிசோதனை

சல்யூட்டில் சென்றுவந்த இந்திய விண்வெளி வீரர், ராகேஷ் சர்மாவும், அவருடைய சக விஞ்ஞானிகளும் வெள்ளி ஜெர்மானியம் சேர்த்த உலோகக் கலவையை விண்வெளியில் உண்டாக்கினர். இரு உலோகங்களும் ஒரே உருகும் புள்ளிகளைக் கொண்டுள்ளன. திடமான வடிவற்ற உலோகக் கலவை பல சிறப்பான பண்புகளைக் கொண்டிருக்கும். உருக்கிய இரு உலோகங் களும், ஆறுவதற்கு முன்பே எடுக்கப்பட்டு, பாத்திரம் எதையும் தொடாதபடி வைக்கப்படலாம். வெப்பம் ஆறுவதை நீடித்து, படிகங்கள் தோன்றுவதைக் குறைத்து, ஒரு அரிய கலவையைப் பெற்றனர். இது புவியில் உண்டாக்கப்படும் படிக அமைப்பைவிட வேறுபட்டதாக இருக்கும்.

விண்வெளியில் உள்ள சூழ்நிலையில் எவ்வளவு நாட்கள் பல பொருட்கள் சரியாக இருக்கும் என்ற ஆராய்ச்சி முழுமையாக நடைபெறவில்லை. உதாரணமாக, ஷட்டிலின் சரக்குப் பகுதியில் உள்ள கதவை, கரிநாரால் செய்து, பரிசோதித்தனர். இத்தகைய கலவைப் பொருள்கள் விண்வெளியில் எவ்வளவு நாள் நீடிக்கும் என்று விஞ்ஞானிகள் அறிய உள்ளனர். திண்ம ஏவுகணைகளில் நீண்ட நாள் பயன்படுத்தாமல் வைத்துள்ள எரிபொருள்களை மேலும் புரிந்துகொள்ளவும் விரும்புகின்றனர்.

‘விண்ணில் செய்தவை’ என்று பல பொருட்கள் ஏற்கெனவே உள்ளன. விரைவில் அவை புவிக்குக் கொண்டுவரப்பட்டு விற்கப் படும். புதிய மின்னணுப் பொருட்கள், மேம்பாடான உலோக கலவைகள், உயர்ந்த ரகக் கண்ணாடிகள் போன்றவை விண்ணில் தயார்செய்யப்பட்டு புவியில் விற்கப்படலாம். இப்பொழுது அமைக்கப்பட்டு வரும் பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையம் நுண் ஈர்ப்புவிசையில் பல பரிசோதனைகளை நடத்த நல்ல வாய்ப்பை அளிக்கின்றது. இன்டர்நெட்மூலம், புவியில் பணி புரியும் விஞ்ஞானிகள், விண்வெளிக் கூடத்துடன் நேரடியாகத் தொடர்பு கொள்ளபோம் என்றும் கூறுகின்றனர். கொலம்பஸ் (Columbus) என்ற

ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனத்தின் விண்பரிசோதனைக் கூடம் 2003இல் பன்னாட்டு விண்வெளி நிலையத்துடன் இணைக்கப்படும். பொருள்களின் தன்மை, மருத்துவம், உயிரியல், தொழிற்நுட்பம் போன்ற பலதுறைகளில் சுமார் 500 பரிசோதனைகளை நடத்த கொலம்பஸ் திட்டமிட்டுள்ளது.

23

புனேவிற்கருகில் விண்ணொலி

மின்காந்த அலைவரிசையில் வானொலி என்ற சாளரம் இருப்பதை 1887இல் ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) கண்டுபிடித்து, உலக மக்கள் பேசிக் கொள்ளும் விதத்தில் ஒரு திருப்பத்தை ஏற்படுத்தினார். இதற்கு மூன்று ஆண்டுகளுக்குப்பிறகு, அமெரிக்காவின் புகழ்பெற்ற புனைவாளர் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் (1847-1931) கதிரவனிட மிருந்தும் வானொலியைக் கேட்கலாம் என்று கூறினார். ஆனால் அன்று அவரது கருத்து எடுபடவில்லை; 1930க்குப் பிறகே வானொலி 'சாளரத்தில்' மக்களின் ஆர்வம் பெருகியது.

1932இல் கார்ல் ஜான்ஸ்கி (Karl Jansky) என்ற வானொலிப் பொறியாளர் (1905-1950) அமெரிக்காவில் சிற்றலை வானொலியை வரவேற்கும் சில பரிசோதனைகளை செய்யும்பொழுது, சில வானொலிகள் எதிர்பார்க்காத திசையிலிருந்து வருவதை அறிந்தார். விண்மீன்கள் ஒலிபரப்புவதுபோலத் தோன்றியது. ஓயாது ஒலித்த ஓசை இடியுடன் கூடிய மழையினால் தோன்றவில்லை என்பதையும் உணர்ந்தார். விண்ணில் பால்வழி என்றழைக்கப்படும் விண்மீன்கள் திரளாக உள்ள பிரதேசத்திலிருந்து மிக அதிகமான 'இரைச்சல்' வருவதைக் கண்டார். அவரது குறிப்புகள் இத்துறையில் ஆர்வத்தைத் தூண்டின. கிரோட் ரொபெர் (Grote Rober) என்ற வானியல் பயிலுநர் நீள்வட்ட வடிவில் நகர்த்தக்கூடிய பிரதி பலிப்புத் தட்டு ஒன்றையும், ஒலியை வரவேற்கும் கருவிகளையும் செய்து, கசியோபியா, (Cassiopeia), ஸிக்நஸ் (Cygnus), டாரஸ் (Taurus) என்றவிண்மீன் கூட்டங்களிலிருந்து வரும் விண்ணொலியைக் கேட்டார்.

இரண்டாம் உலகப்போரில் செய்யப்பட்ட ரேடாரும், தகவல்களைக் கொண்டு செல்லும் மின்னலைகளைச் சிதைப்பதும் விஞ்ஞானிகளிடையே ஒரு புதிய கருத்தைத் தோற்றுவித்தது.

கதிரவன் வானொலியை பரப்பலாம் என்று கருதி, அக்கருத்து உண்மையே என்றும் கண்டனர். கதிரவனின் 11 ஆண்டுக்காலத் திற்கு ஒரு முறை தோன்றும் மிக அதிகமான கொந்தளிப்பால், அதன்மேல் கரும்புள்ளிகள் போலத்தோன்றும் இடங்களிலிருந்து, வானொலி வருவதைக் கேட்டனர். எடிசன் அன்று கூறியது உண்மையே: ஆனால் வானொலி கதிரவனிடமிருந்து மட்டும் வரவில்லை. வானில் பல இடங்களிலிருந்து வருவதை உணர்ந்தனர். நாம் பார்க்கும் மின்காந்த அலைகளை தொலைநோக்கியால் காண்பதுபோல, வானொலித் தொலை 'நோக்கி' மூலம் விண்ணொலியைக் கேட்க இயலும்.

இங்கிலாந்தில் ஜோட்ரல் பாங்க் (Jodrell Bank) என்ற இடத்தில் 76 மீ குறுக்களவு கொண்ட வானொலித் தொலைநோக்கி உள்ளது. அதன்மூலம் விண்வெளியைப்பல கோணங்களில் காணலாம். ஆஸ்திரேலியாவிலும், ஜெர்மனியிலும் இதுபோன்ற தொலை நோக்கிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஜோட்ரல் பாங்கில் பதிவுசெய்யும் மிகக் குறைந்த சிற்றலையின் நீளம் 10 செ.மீ. வானொலியின் நீளம் குறையக் குறைய, அவற்றை வரவேற்கும் அலை வாங்கிகளின் அளவு அதிகரித்தால்தான் சரியாக அதிக விவரங்களைப் பதிவுசெய்ய இயலும். இங்கிலாந்தில் கேம்பிரிட்ஜில் ஒரு சிக்கனமான முறையில், பெரிய அலைவாங்கிகளின் பயனை அடைய ஒரு வழியைக் கண்டு பிடித்துள்ளனர். நோபல் பரிசுபெற்ற பேராசிரியர் மார்டின் ரையல் (Martin Ryle) கூறியபடி அமைக்கப்பட்ட முறையில் நான்கு சிறிய அலைவாங்கிகளை ஐந்து கி.மீ. பரப்பில் அமைத்துள்ளனர். அவை ஒன்றிணைந்து ஐந்து கி.மீ. குறுக்களவு உள்ள பெரிய அலை வாங்கிபோல் செயல்படுகின்றன. இதற்காக, அந்த அலைவாங்கிகள் ரயில்பாதையில் நகர்த்தப்பட்டு பல இடங்களிலிருந்தும், கோணங் களிலிருந்தும் செயல்படுகின்றன. ஆசிரியருக்கு அளித்தபேட்டி ஒன்றில், பேராசிரியர் மார்டின் ரையல் விண்ணகத்தைப் புரிந்து கொள்ள இந்த முறை பெரிதும் பயன்படும் என்று விவரித்தார்.

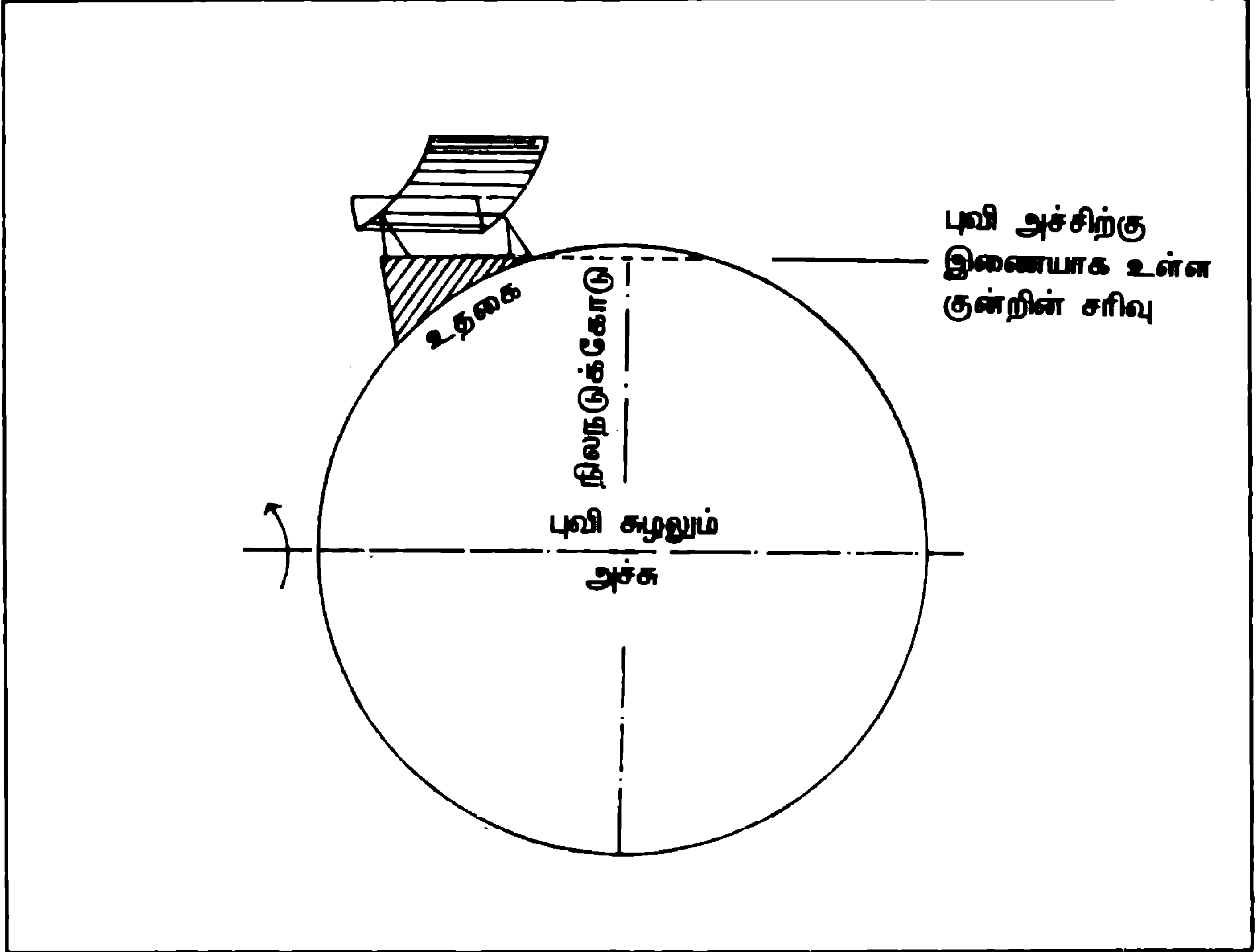
நமது கண்ணிற்குத் தென்படும் அலைவரிசைகளைவிட வானொலி அலைகளின் நீளம் மிக அதிகம். ஆகவே பெரிய வானொலித் தொலைநோக்கியும் தெளிவாகப் பதிவு செய்ய இயலாது. ஆகவே, குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள அலைகளை ஒரு பொது இடத்திற்குக் கொண்டு சென்று, அங்கு அவற்றைப் பெருக்குவதால், விண்ணொலியைத் தெளிவாகக் கேட்க இயலும். இங்ஙனம், வானொலித் தொலைநோக்கிகளை வானொலி

அலைவாங்கி என்று அழைப்பதே பொருந்தும் என சிலர் கருது கிறார்கள்.) பல கிலோமீட்டர் பரப்பில் வெவ்வேறு இடங்களில் அமைத்தால் அவற்றின் ஒலிகளைத் தொகுத்து, ஒரு பெரிய 'திறப்பு' உள்ள தொலைநோக்கி தரும் தெளிவையும் பெறலாம். ஆஸ்தி ரேலியாவில் 1957இல் குறுக்கு அலைவாங்கி அணி ஒன்றை மில்கிராஸ், கிரிஸ் கிராஸ் (Mill Cross, Chris Cross) என்று அவற்றைப் புனைந்தவரின் பெயர்களில் அமைத்துள்ளனர். மற்றுமொரு அமைப்பில், பல ஆயிரக்கணக்கான கிலோமீட்டர்கள் தள்ளி வைக்கப்பட்டுள்ள தொலைநோக்கிகள் ஒன்றிணைந்து, நீண்ட குறுக்கீட்டுக் 'கோட்டில்' இயங்குவதுபோல் அலைவாங்கியை அமைத்துள்ளனர்.

உதகையில் விண்ணொலி

இந்தியாவின் முதல் விண்ணொலி அலைவாங்கி டாடா அடிப்படை ஆராய்ச்சி நிறுவனத்தால் தமிழ்நாட்டில் உதகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உருளை வடிவில் பரவளைவு கொண்ட 530 மீ. நீளமுள்ள 30மீ. அகன்ற அலைவாங்கியின் சட்டம் சம இடைவெளிவிட்டு நடப்பட்டுள்ள எஃகு கோபுரங்களின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. முழு தொலைநோக்கியையும் ஒரே திசையில் சுற்றலாம்; கிழக்கு- மேற்கு திசையில் நகர்த்தலாம். அதன் அச்சும் புவி தன்னைச் சுற்றிக்கொள்ளும் அச்சும் வடக்கு-தெற்கு திசையில் இணையாக உள்ளன. இதற்காக, வடக்கில் உயரமாகவும், தெற்கில் குட்டையாகவும், 11°4' சரிவுள்ள குன்றின்மீது அலை வாங்கியைப் பொருத்தியுள்ளனர் (படம் 58). அச்சரிவு உதகையின் நிலக்குறுக்குக் கோட்டிற்கு (11°4' வடக்கு) சமமாகும். புவியின் நில நடுக்கோட்டிற்கு அருகில் அலைவாங்கி இருப்பதால், அதன் பிரதிபலிக்கும் பகுதியை நகர்த்தி வானத்தை ஒரு நாளில் 9½ மணி நேரம் நோக்கலாம்.

இந்த அலைவாங்கி மிகத்தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்களை ஆராய உதவுகின்றது. நிலா வானில் நகரும்பொழுது, தொலைவில் உள்ள ஒலி எழும் இடங்களை சற்றே மறைக்கின்றது. அந்த இடம் ஒரு புள்ளியாக இருந்தால், விரைவில் மறைந்து சற்று ஒலிக்காமல் மீண்டும் ஒலி கேட்கும். ஒலி உற்பத்தி ஆகும் இடம் பரவலாக இருந்தால், ஒலி மெதுவாகத்தான் குறையும். இங்கு பயன்படுத்தப்படும் அலைவரிசை 324-229 மெகா ஹெர்ட்ஸ். ஒலியைப் பதிவு செய்தபின்னர், அந்த இடங்களின் படங்களுடன்



படம் 58. உதகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள வானொலி 'தொலைநோக்கி' புவியின் சுழலும் அச்சிற்கு இணையாக வடக்கு-தெற்கு திசையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்களிலிருந்து வரும் விண்ணொலியை இங்கு பதிவு செய்கின்றனர்.

ஒப்பிட்டுப் பார்க்க ஓஸ்மானியா பல்கலைக்கழகத்தின ரங்காபூர் தொலைநோக்கிக்கும், கோடை, நைனிடால், காவலூர் (தமிழ்நாடு) ஆகிய இடங்களில் உள்ள ஒளித் தொலைநோக்கிகளுக்கும் ஒலி விவரங்களை அனுப்புகின்றனர்.

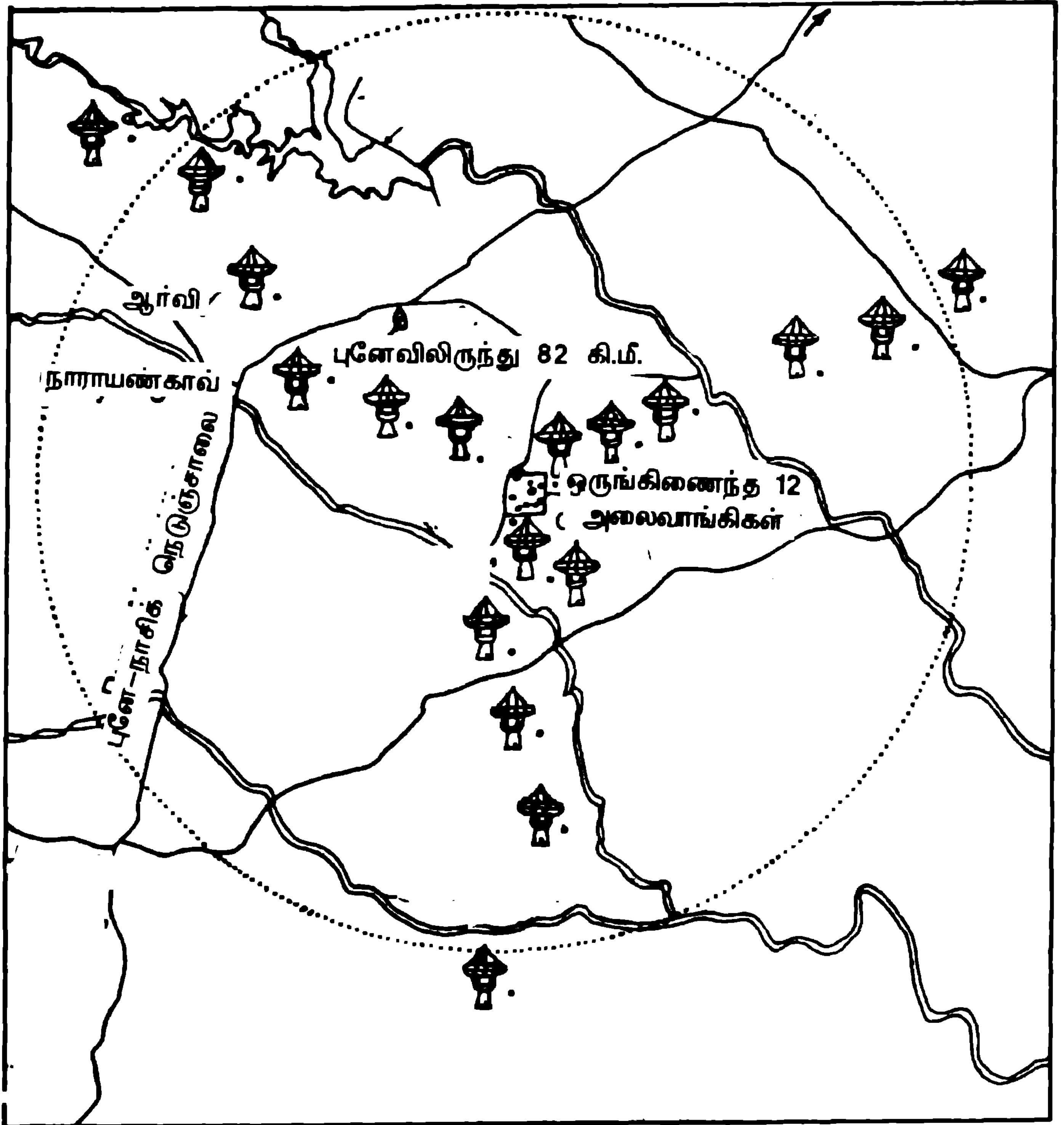
விண்ணொலியை அனுப்பும் விண்மீன் திரள்களையும், 'குவேசார்', 'பல்சார்' என்ற விண்வெளி வினோதங்களையும், இயற்கைக் கோள்களிடையே உள்ள விண்வெளியையும் ஆராய உதகை அலைவாங்கி உதவுகின்றது.

புனேவிற்கு அருகே

உலகில் பல்வேறு இடங்களில் விண்ணொலியை சென்டிமீட்டர், மில்லிமீட்டரின் உட்பிரிவு என்ற அலைவரிசைகளில் பதிவு செய்கின்றனர். ஆனால், மீட்டர் அளவில் பதிவு செய்ய பூனேவிற்கு 82 கி.மீ. வடக்கே ஒரு சிறப்பான அமைப்பை ஏற்படுத்தியுள்ளனர்.

அதை பெரிய மீட்டர் அலை வானொலித் தொலைநோக்கி என்று அழைக்கின்றனர். அங்கு மீட்டர் அளவில் (50—1420 மெகா ஹெர்ட்ஸ்) விண்ணொலிகள் பதிவாகின்றன. 45மீ. குறுக்களவுள்ள 30 பரவளைவுடைய தட்டங்களை பல திசைகளிலும் கோணங் களிலும் திருப்பும்படி வைத்துள்ளனர். இதில் 12 தட்டங்கள் மையமாக உள்ள இடத்திலும், மற்ற 18 'Y' போன்ற அமைப்பில் மூன்று பக்கங்களில் சமமாகவும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பினால், 25 கி.மீ. குறுக்களவுள்ள அலைவாங்கிபோல் அத்தொலை 'நோக்கி' இயங்குகிறது. (படம் 59)

நிலநடுக்கோட்டிற்கு வெகுதொலைவில் புனே இல்லாததால், இந்த அலைவாங்கி பால்வழியில் விண்மீன்திரள்களை நீண்ட



படம் 59. புனேவிற்கு அருகே அமைந்துள்ள, மீட்டர் அலைகளில் விண்ணொலிகளைப் பதிவு செய்யும் 'வானொலித் தொலைநோக்கி'.

நேரம் கவனிக்க இயலுகிறது. புவியின் சுழற்சியால் விண்ணொலி அலைகள் பல கோணங்களில் வந்து சேருகின்றன. ஒரு இடத்தி லிருந்து வரும் விண்அலைகளின் குறுக்களவைக் கொண்டு ஒலி தோன்றிய இடம் எத்தனை தொலைவில் உள்ளது என்று கணிப் பொறிமூலம் கணிக்கப்படுகிறது.

இந்தத் தொலைநோக்கியையும் டாட்டா அடிப்படை ஆராய்ச்சி நிறுவனம் அமைத்துள்ளது. பேராசிரியர் கோவிந்த் ஸ்வரூப் (Govind Swarup) கூறியது போல், இந்த அலைவாங்கியின் வழியே இந்த விண்ணுலகம் தோன்றுவதற்கு முன்பே இருந்ததெனக் கருதப்படும் நீர்வளி முகில்களைக் காணலாம். புகழ்பெற்ற பேராசிரியர் ஜயந்த் நார்லிகர் (Jayant Narlikar), பெரு வெடிப்பிற்குப் பின் விண்ணகம் தோன்றியது என்ற கருத்து உண்மையானால், 'நடுநிலை' நீர்வளியிலிருந்து (neutral hydrogen) கதிர்வீச்சு விண்ணொலி அலைவாங்கியை அடையும் என்று கூறியுள்ளார்.

நடுநிலை நீர்வளி 1420 மெகா ஹெர்ட்ஸ் என்ற அலை வரிசையில் ஒலி பரப்புகின்றது. பல பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் கிளம்பிய இந்த வளியை இன்று 350—130 மெகா ஹெர்ட்ஸ் என்ற வலுவிழந்த அலைவரிசைகளில் கேட்கலாம்.

இந்த அமைப்பு அதிக வேகத்தில் சுற்றும் துடிக்கும் விண் மீன்களைக் காண ஒரு உகந்த வசதி. பல்சார் என்றவை மிக அடர்த்தியான அல்லணு (நியூட்ரான்) விண்மீன்களெனக் கருது கிறார்கள். அவை மில்லிவினாடிக்கு ஒருமுறை—அதாவது ஒரு வினாடியின் ஆயிரம் பகுதிகளில் ஒன்று—தன்னைத்தானே சுற்று கின்றன. கதிரவனின் நடவடிக்கையும், அதன் விளைவையும் அறியவும், நமது விண்மண்டலத்திற்கு அப்பால் உள்ள விண்ணொலி மையங்களை அறியவும் இந்த மையம் உதவும். புவிக் கப்பால் வேறு உயிரினங்கள் இருந்தால், அவை அறிவிப்பதையும் கேட்கலாம் என்று நம்புகிறார்கள்.

அயனி மண்டலத்தின் இரைச்சலோ, புவியின் வானொலியோ மிகக்குறைந்து உள்ள இந்த இடத்தில், குறைந்த செலவில், இந்த மையத்தை புனேவிற்கு அருகில் கட்டியுள்ளனர். இது ஒரு தேசிய அமைப்பு.

விண்ணக ஆய்விற்கு மின்காந்த அலைவரிசையில் ஒரு சிறு சாளரம் உள்ளது. அதுவே 1612 மெகா ஹெர்ட்ஸ் அலைவரிசை. புவியைச் சுற்றும் தகவல் தொடர்புக் கோள்கள் தங்களது அலை வரிசைகளால், இயற்கையாக வந்துகொண்டிருக்கும் விண்ணொலி களை கேட்கவிடாமல் செய்துவிடுமோ என்று கவலைப்படுகின்றனர்.

புவியிலிருந்து செலுத்தப்படும் தொடர்புக் கோள்களுக்கான அலைவரிசை விண்ணொலியை தாக்காது இருக்கும்படி பல விதிமுறைகளை சில நாடுகள் விதித்துள்ளன.

நண்டு புகைமம்

நமது பால்வழி விண்மீன் திரளில் நண்டு புகைமம் என்று அழைக்கப்படும் இடத்திலிருந்து விண்ணொலி வெகுவாக வருகின்றது. கி.பி. 1054இல் சீன வானியல் வல்லுநர்கள் இங்கு ஒரு விண்மீன் வெடிப்பைக் கண்டனர். விண்வெளிக் கதிர்கள், விண்மீன் திரளைத் தாக்கும்பொழுதும் வானொலி உண்டாகின்றது.

விண்ணொலி பரப்பும் விண்மீன் திரள்கள் எவை என்பதை வானியல் வல்லநர்கள் கண்டுகொண்டுள்ளனர். நாம் காணும் விண்ணகம் 15 பில்லியன் ஆண்டுகளாக இருக்கின்றது என்று ஏற்றுக்கொண்டால், விண்ணகம் தோன்றிய 1½ பில்லியன் ஆண்டு களில் இருந்த விண்மீன் திரள்களிலிருந்து விண்ணொலி வருகின்றது என்று கருதுகிறார்கள். மின்னணுக் கருவிகள் முன்னேறி வருவதால், அவற்றைக்கொண்டு மங்கலாகத் தோன்றும் விண்மீன் திரள் களையும், அவை நம்மைவிட்டு ஓடிப்போவதையும் கண்டுபிடித்து அளவிட்டுள்ளனர். புவியும், கதிரவனும் இதர கோள்களும் சுற்றும் கதிரவனின் மண்டலம் உட்பட இயங்கும் நமது விண்வெளித் திரளிற்கு வெளியே தனித்து இயங்கும் விண்ணொலி பரப்பும் இடம் சிக்நெஸ்–A (Cygnus A) என்ற விண்மீன்கூட்டமே. இது புவியிலிருந்து 650 மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால் உள்ளது. [ஒரு ஒளி ஆண்டு என்பது 9.7 டிரில்லியன் கிலோமீட்டர்களுக்குச் சமமாகும்.] மிக ஆற்றல் வாய்ந்த விண்ணொலி ஊற்றுகளில் சிக்நஸ் ஒன்றாகும். இது ஆஸ்திரேலியாவின் ஜான் போல்டன் (John Bolton) என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அவர் விண்ணில் வானொலி தோன்றும் இடங்களை முதன்முதலாக கணக்கு எடுத்துக் காண்பித்தார். சிக்நஸ் கண்ணிற்குப் புலப்படும் இடத்திற்கு இரு புறங்களிலும் விண்ணொலி வருகின்றன. அந்த ஊற்றும் வேகமாக நம்மைவிட்டு சென்றுகொண்டே உள்ளது. நமது விண்மீன் திரளுக்கு வெளியே, நூற்றுக்கணக்கான விண்ணொலி விண்மீன் திரள்கள் உள்ளன. அவை அனைத்திற்கும் பொதுவான ஒரு சிறப்பு என்னவென்றால், அவை நமது விண்மீன் திரளைவிட ஒரு லட்சம் பங்கு அதிகமாக விண்ணொலியை பரப்புகின்றன. விர்கோ (Virgo) என்ற நீள்வட்ட விண்மீன் திரளிலிருந்தும் விண்ணொலி வருவதைக்

கண்டுள்ளனர். அந்த மையத்திலிருந்து வால்போன்ற ஒரு அமைப்பும் காணப் படுகிறது. ஆனால் விண்ணொலி தோன்றும் இடம் பார்வைக்குத் தென்படும் இடத்தைவிட பெரிதாய் உள்ளது.

1990இல் மூன்று அமெரிக்க ஆய்வாளர்கள் மிகத் தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரளைக் கண்டனர். 4C, 41.17 என்ற பெயரில் இயங்கும் இந்தப் பகுதியும் 51 விண்மீன் திரள்களுக்கிடையே கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அந்த விண்மீன் திரளின் மையத்தில் உள்ள கருப்புக் குழியிலிருந்து அதிவேகத்தில் வரும் துகள்கள் கொண்ட இரட்டை வால்போன்ற கதிர்வீச்சில் விண்ணொலி தோன்றலாம் என்று கருதுகின்றனர்.

விண்ணொலி கதிரவனின் மண்டலத்திற்குள் வரும்பொழுது, இயற்கைக் கோள்களுக்கிடையே உள்ள விண்வெளியால் 'வடிகட்டப்பட்டு' விண்ணொலி தோன்றும் இடங்கள் 'மினு மினுப்பது'போல் தோன்றும்.

இதைக்கொண்டு விண்ணொலி விண்மீன் திரள்களின் அமைப்பைக் காண முயற்சி செய்கின்றனர். மேலும், விண்ணொலிகள் சிதறி வருவதால், அவற்றைச் சிதறடிக்கும் கதிரவனின் கதிர்வீச்சையும் ஆராயலாம்.

விண்ணொலி கிளம்பும் இடம் ஒரு புதிராகவே உள்ளது. பல வானியல் வல்லுநர்கள் அவற்றில் உள்ள கருங்குழி தம்மை நோக்கி எல்லாவற்றையும் இழுத்துக்கொள்ளும்பொழுது, வினோத விளைவுகளை (விண்ணொலி உட்பட) உண்டாக்குகின்றது என்று கருதுகின்றனர். ஒலியைத் தவிர இதர கதிர்வீச்சுகளை விண்ணில் உள்ள 'தூசி' மறைத்துவிடலாம்.

வால்போன்ற கதிர்வீச்சு நம்மை நோக்கி ஒலியைச் செலுத்தி னால், அதை ஒலிக்கும் விண்மீன் என்றும், அக்கதிர்வீச்சு நம்மை விட்டுச் சென்றுகொண்டிருந்தால், அது விண்ணொலி விண்மீன் திரளாக இருக்கக்கூடும் என்றும் கருதுகின்றனர். இதுபற்றி அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவரமாகப் பார்ப்போம்.

24

ஒலிக்கும் விண்புள்ளிகளும் துடிக்கும் விண்மீன்களும்

1960க்குப் பிறகு வானியலார்கள் விந்தையான விண்வெளித் தோற்றங்களைக் கண்டனர். புகைப்படத்தில் விண்மீன்கள் போலக் காட்சி அளித்த விண்புள்ளிகள் அமோக அளவில் வானொலியைப் பரப்பின. இவை புதிய விண்பொருள்களாக இருக்க வேண்டும் என்று கருதினர். அவற்றை ஆங்கிலத்தில் 'குவேசார்' என்று அழைத்தனர். அதாவது, அவை வானொலியைப் பரப்பும் விண்மீன்போலத் தோன்றும் இடங்கள் என விவரித்தனர். இவற்றை விண்வெளிப்புள்ளி என்றும் அழைக்கின்றனர்.

இத்தகைய புள்ளியை 1962ல் சிட்னியில் ஒரு இளம் வானியலார், செரில் ஹசார்டு (Ceril Hazard) என்பவர் கண்டு பிடித்தார். ஆனால் ஒலிவரும் இடத்தை அவரால் சரிவர நிர்ணயிக்க இயலவில்லை.

இரு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, மற்றொரு விண்வெளி அற்புதம் வானியலாரைக் கவர்ந்தது. விண்ணொலிப் புள்ளிகள் வெகு வேகமாக புவியைவிட்டு ஓடிக் கொண்டிருந்தன. நிறமாலையில் இதைக்காட்டும் சிவப்பு மாறுதல் என்ற விளைவைக் கண்டனர். பார்க்கும் தொலை நோக்கியின் மூலம், ஒலிக்கும் புள்ளிகள் ஆயிரத்திற்குமேல் இருப்பதைக் கண்டுள்ளனர். சிவப்பு மாறுதல் என்றால், பின்நோக்கிச் செல்லும் விண்பொருள் ஒன்றின் ஒலியோ, ஒளியோ, நிறமாலையின் சிவப்புக் கோட்டை நோக்கிச் சென்று விடும் என்று பொருள். நகரும் ஒரு பொருள் மின்காந்த அலை நீளத்தின் மீதோ அல்லது அதிர்வெண்மீதோ ஏற்படுத்தும் விளைவை ஆஸ்டிரியாவைச் சேர்ந்த கிரிஸ்டியன் டாப்லர் (Christian Doppler) என்பவர் (1803–1858) 1842இல் உறுதிப்படுத்தினார். இதனை டாப்லர் விளைவு என்று அழைக்கிறார்கள். இதன்படி,

வேகமாக ஒரு ரயில் என்ஜின் நம்மைக் கடக்கும்பொழுது, அது கூவும் ஒலி குறைந்துகொண்டே வரும். ஒலியோ, ஒளியோ தோன்றும் இடம் நகர்ந்தால், அதன் அதிர்வெண் குறையும்; அதன் அலையின் நீளம் அதிகரிக்கும். ஒரு பொருள் வெகுதொலைவில் சென்றுகொண்டிருந்தால், அதன் ஒளி சிவப்பை நோக்கி அலை வரிசையில் நகர்ந்து கொண்டே இருக்கும்.

ஒலிக்கும் விண்புள்ளிகள் மிக அதிகமாக ஒளி வீசுகின்றன என்று வானியலார்கள் சுட்டிக்காட்டியுள்ளனர். அவை நாம் வசிக்கும் புவியுள்ள பால்வழியைவிட 10,000 மடங்கு அதிக ஒளியை அளிக்கின்றன. இருப்பினும், ஒரே நாளில் அவற்றின் ஒளி அரைப் பங்கு வேறுபடுகின்றது. இந்த விரைவான ஏற்ற இறக்கம் ஒரு புதிராகவே உள்ளது. ஒரு சிறிய பரப்பில் இத்தகைய பெரும் ஆற்றலை படைப்பது ஒரு அற்புதமே. ஒலிக்கும் விண் புள்ளிகள் சில, கதிரவனில் உள்ள மண்டலத்தின் குறுக்களவையே கொண் டிருப்பினும், அவற்றைப் படைக்கும் பருப்பொருள் கதிரவனைவிட பில்லியன் மடங்கு அதிகமாக உள்ளது.

வெகு தொலைவில் உள்ள ஒலிக்கும் விண்புள்ளி சிவப்புப் பெயர்ச்சியில் ஐந்து என்ற அளவில் 13 பில்லியன் ஒளி ஆண்டு களுக்கப்பால் உள்ளது என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். (ஒரு ஒளி ஆண்டு வினாடிக்கு மூன்று மில்லியன் கிலோ மீட்டர் வீதம் ஒரு ஆண்டில் ஒளி செல்லும் தொலைவைக் குறிப்பிடுகிறது) ஒலிக்கும் விண்புள்ளிகளும், ஒலிக்கும் விண்மீன் திரள்களும் வெவ்வேறாகத் தென்படுவதில்லை. பொதுவாக, விண்புள்ளிகள் ஒலி விண்மீன் திரள்களைவிட அதிக ஆற்றல் கொண்டிருப்பதும், மிகச் சிறிய தாகவும் தோன்றுகின்றன. விண்வெளிப்புள்ளிகளின் மிக வியப்பான சிறப்பு, 1978இல் ஐன்ஸ்டீன் (Einstein) என்ற X–கதிர் கோளின்மூலம் புலப்பட்டது. அதாவது, நாம் அறிந்த எல்லா விண்வெளிப் புள்ளிகளும் X கதிர்களை வீசுகின்றன என்பதே. மிக அதிகத் தொலைவில் இருக்கும் விண்வெளிப்புள்ளிகள் பேரளவிற்கு X கதிர்களை அள்ளி வீசுகின்றன; உதாரணமாகக் கூறினால், அவற்றின் X கதிர்கள், மில்லியன்–மில்லியன் கதிரவன்கள் அளிக்கும் கதிர்வீச்சிற்குச் சமமாகும் என்று கூறலாம். நமது விண்மீன் திரளுக்கு வெளியிலிருந்து வரும் பின்னணி X கதிர்கள் முழுவதும் விண்வெளிப் புள்ளிகளிலிருந்தே தோன்றியுள்ளன என்று சிலர் கூறுகின்றனர்.

வானிலே கானல்நீர்

ஒலிக்கும் விண்புள்ளிகளைத் தேடும் முயற்சி வானிலே வியப்பூட்டும் கானல்நீரைக் காட்டியுள்ளது. அவற்றை ஈர்ப்புவிசை வில்லைகள் என்று அழைக்கின்றனர். விண்புள்ளிகளிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சு, அதை நோக்கும் நேர் கோட்டில் ஒரு விண்மீன் திரள் குறுக்கிடுவ தால், திசை மாற்றப்படுகின்றது. மேதை ஐன்ஸ்டீன் கூறியபடி, விண்மீன் திரளின் ஈர்ப்புவிசை ஒளியைப் 'பிளந்து' ஒலிக்கும் விண்மீன்களின் தோற்றத்தை இரட்டிப்பாகவும், மும்மடங்காகவும் காட்டுகின்றது.

X கதிர்கள் ஒலிவிண்புள்ளிகளின் மையத்திலிருந்து வரு வதையும், அவற்றின் வானொலி அப்புள்ளிகளின் வெளிப்புறத்தி லிருந்து வருவதையும் கண்டுள்ளனர். இதன்படி, ஒலி விண் புள்ளிக்கு நடுவே கருங்குழிகள் இருக்குமோ என்று வியக்கின்றனர். கருங்குழிகளில் வந்து விழும் விண்மீன்கள் ஒலிவிண்புள்ளிகளுக்கு பெரிய அளவில் ஆற்றலை அளிக்கலாம்.

பல வினாக்கள்

ஒலிவிண்மீன்கள் பல வினாக்களை எழுப்புகின்றன. ஒலி விண் புள்ளிகளுக்கும் விண்மீன் மண்டலங்களுக்கும் என்ன உறவு? ஒலி விண்புள்ளி எப்படி பேரளவிற்கு ஆற்றலைப் பெருகின்றது? ஒளி விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை நிகழ்காலத்தைவிட கடந்த காலத்தில் ஏன் அதிகமாக இருந்தது?

ஒரு கருத்தின்படி, பெரு விண்வெளி வெடிப்பிற்குப் பின்னர், உடனடியாக விண்மீன் திரள்கள் தோன்றவில்லை என்பதாகும். பதினைந்து பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் விண்மீன் திரள்களே இல்லாததால், அவை ஒன்றுக்கொன்று மோதவும் இல்லை. அதனால் தோன்றும் ஒலிக்கும் விண்மீன்களும் இருக்கவில்லை என்று கூறுகிறார்கள். விண்ணகம் உருவாகத் துவங்கியதும் அதன் இன்றைய வயதில் 20 விழுக்காடு வளர்ச்சியின்பொழுது, 25 ஒலிக்கும் விண்மீன்களை ஜெர்மன் வானிலையார்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். ஆனால், விண்ணகத்தின் வயது 50 விழுக்காடாய் அதிகரித்த பொழுது, ஒரு ஒலிக்கும் விண்மீன்கூட இருந்ததில்லை எனவும் கூறியுள்ளனர். பிறகு விண்மீன் திரள்கள் மோதிக் கொண்டதால், ஒலி விண்மீன்கள் பெருமளவில் தோன்றின. மேலும், விண்ணகம் விரிவடைந்து வருகிறது என்று ஏற்றுக் கொண்டால், விண்மீன்

திரள்களும் ஒன்றைவிட்டு ஒன்றுத் தள்ளிச் சென்று விடுவதால், அவை மோதுவதும் இல்லை; ஒலிவிண்மீன்கள் தோன்றுவதும் இல்லை. ஒரு கணக்குப்படி, ஒளி விண்மீனின் வாழ்நாள் பத்து மில்லியன் ஆண்டுகளே! பின்னர், அவை மறைந்து விடும். அவ்வளவு காலம் இருந்தும், நிரந்தரம் இல்லை!

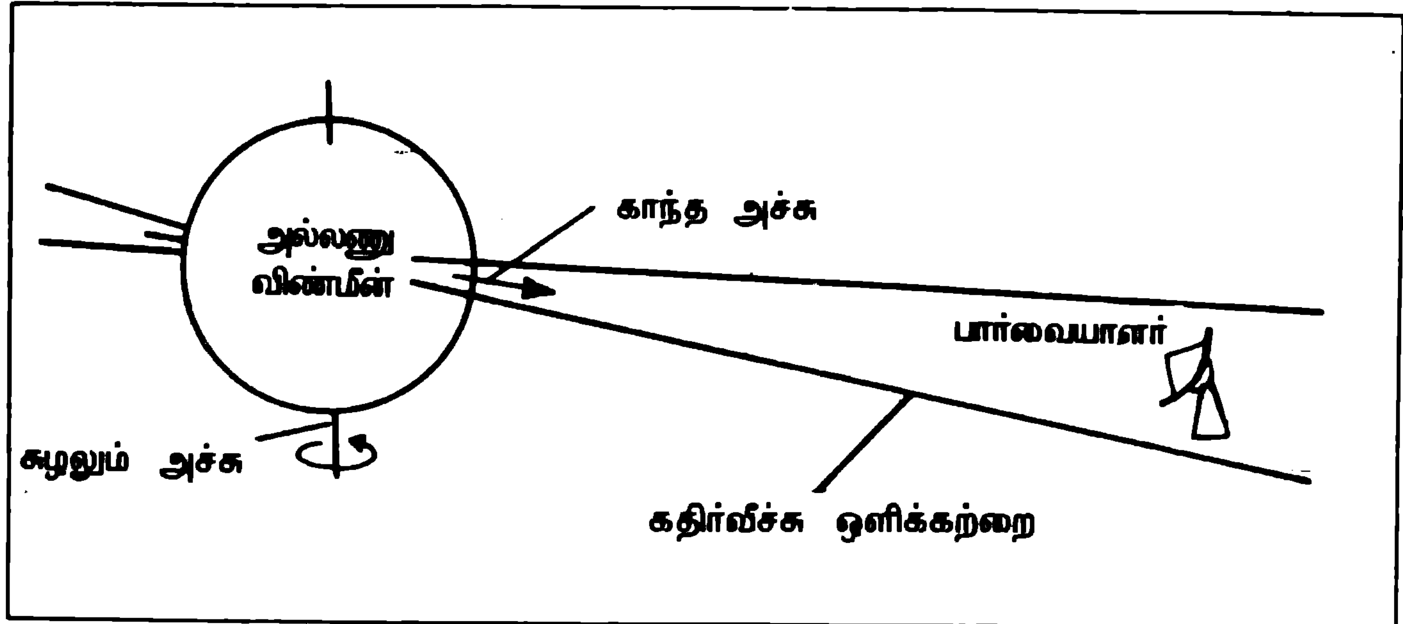
இன்னொரு கருத்துப்படி, பொதுவாக அநேக விண்மீன் திரள்களிலும் கருங்குழிகள் உள்ளன; அவை பேரளவிற்கு ஆற்றலைப் படைக்கின்றன. விண்மீன்களும், விண்ணில் உள்ள வளியும் கருங்குழிகளால் விழுங்கப்படும்பொழுது, பேரளவிற்கு ஆற்றல் உருவாகிறது என்று கூறுகின்றனர். இத்தகைய நிகழ்ச்சி ஒலி விண்மீன்களில் நடந்திருப்பதை விண்ணில் இயங்கும் ஹப்பிள் (Hubble) தொலைநோக்கி கண்டுள்ளது. ஆக, பேரளவில் உள்ள கருங்குழிகள் ஒரு காலத்தில் ஒலிவிண்மீன்களாக இருந்திருக்கலாம். M-87 என்ற நீள்வட்ட விண்மீன் திரளின் வினை மிகுந்த மையத்தில், ஒரு கருங்குழி இருக்குமென்று தெரிய வந்துள்ளது. பில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன், அங்கு ஒரு ஒலிக்கும்விண்மீன் இருந்திருக்கலாம்.

வானில் மிகச் சிறந்த கடிகாரங்கள்

ஒலிவிண்மீன்களின் நீடித்த ஒலியைப் போலன்றி, மார்ஸ் தந்தியின் குறியீடுபோல் வானொலி 'துடிப்பு'கள் விண்ணொலித் தொலை நோக்கிகள்மூலம் கேட்கப்பட்டன. அவை தோன்றும் இடங்களில் முற்றிலும் புதிதான விண்பொருட்கள் இருப்பதாகக் கருதினர். அவற்றைத் துடிக்கும் விண்மீன்கள் அல்லது துடிமீன்கள் (ஆங்கிலத்தில் பல்சார்) என்று அழைக்கின்றனர் (படம் 60).

1967இல் முதன்முதலாக இவற்றை இங்கிலாந்தில் கேம்பிரிட்ஜில் ஆராய்ச்சி செய்துவந்த ஜோசிலன் பெல் (Joselyn Bell) என்ற மாணவி கண்டுபிடிக்க உதவினார். பேராசிரியர் அந்தோனி ஹியூஷ் (Anthony Hewish) அமைத்த விண்ணொலித் தொலைநோக்கியில் பணிபுரியும்பொழுது ஒரு புதிய வகையான ஒலி வருவதைக் கவனித்தார். கலங்கரை விளக்கின் ஒளிவீச்சு சுழன்று வருவதுபோல், அவை சுழன்று ஒலி பரப்புவதைக் கேட்டனர். 1968இல் நான்கு துடிமீன்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டிருந்தன.

வானிலையார்கள் அணு இயற்பியல்படி துடிமீன்களை விவரிக்க விழைந்தனர். அவை சுழலும் அல்லணு (நியூட்ரான்)



படம் 60. துடிக்கும் விண்மீனின் வானொலி தோன்றும் இடம். விண்மீனில் வலுவான காந்த வயலில் உள்ள ஆற்றல்மிக்க மின்னணுக்கள் வெளியிடும் ஒரு குறுகிய ஒளிக்கற்றையில் ஒலியும் வரும் என்று கருதப்படுகிறது. சுற்றும் ஒளிக்கற்றை பார்வையாளரைக் கடந்துசெல்லும்பொழுது ஒரு துடிப்பு பதிவாகிறது.

விண்மீன்களே என்று கூறினர். அல்லணு விண்மீன் என்றால் ஒரு விண்மீன் தனது உள் ஆற்றலை எல்லாம் பயன்படுத்திய பின் பேரளவிற்கு அடர்த்தி அடையும் என்று விவரித்தனர். அப்பொழுது அதன் முன்னணுக்களும் மின்னணுக்களும் தனியாக இயங்காமல் அல்லணுக்களாக மாறிவிடுகின்றன. ஒரு அல்லணு விண்மீனின் பரப்பளவு 10 கி.மீட்டர்தான் என்றாலும், அவற்றின் பருப் பொருளோ நம்ப முடியாத அளவிற்கு, ஒரு கன சென்டி மீட்டருக்கு பத்து மில்லியன் மில்லியன் கிராம் என்றபடி இருக்கும் என்று கூறுகிறார்கள். இத்தகைய விண்மீனில் ஒரு குண்டூசியின் எடை ஒரு டன்னாக இருக்கும்.

அத்துணை அடர்த்தி இருப்பதால்தான், அவை அவ்வளவு வேகமாக சுற்றினாலும் ஒரே பொருளாக நீடிக்கின்றன. சாதாரண விண்மீன் வினாடிக்கு ஒருமுறை சுழன்றாலும்கூட, அது சீர்குலைந்துச் சிதறிவிடும். ஆனால் துடிமீன்களோ சில வினாடி களுக்கு ஒரு முறையிலிருந்து வினாடிக்குப் பலமுறை சுழலுகின்றன.

இவற்றின் குறிப்பிடத்தக்க சிறப்பு என்னவென்றால், துடிப்பின் அழுத்தம் வேறுபட்டாலும், துடிப்புக்காலம் மிக ஒழுங்காக இருப்பதே. துடிமீன் வினாடிக்கு 30முறை சுழன்றால், ஒரு துடிப்பு 33 மில்லி வினாடி நீடிக்கும். (ஒரு மில்லி வினாடி என்பது வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதி). துடிப்பின் காலவரை மிகமிகத் துல்லிய அளவிற்கு ஒழுங்காக இருந்து வந்துள்ளது. ஒரு வினாடியில்

100 கோடியில் சில பகுதிகள்தான் (பத்தோ இருபதோ) வேறுபாடு வருகின்றது. துடிமீன்கள் வானத்தில் இயற்கை அளித்துள்ள மிகச்சிறந்த கடிகாரங்கள் என்பதில் ஐயமில்லை.

1998க்குள் சுமார் 1000 துடிமீன்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருந்தன. பால்வழி விண்மீன் திரளில் ஆயிரக்கணக்கான துடிமீன்கள் உள்ளன என்று வானியலார்கள் நம்புகிறார்கள். விண்மீன் திரளின் மையத்தை நோக்கி துடிமீன்கள் ஈர்க்கப்பட்டு, 40,000 ஒளி ஆண்டுகள் தொலைவுள்ள ஆரத்தில் அமைந்த ஒரு தட்டு போன்ற வடிவில், 2000 ஒளி ஆண்டுகள்வரை பரவி விளங்குகின்றன.

ரஷ்ய வானியலார்கள் மிகுந்த ஒளியுடன் விளங்கும் துடிமீன்களில் ஒன்றை இரு கோள்கள் சுற்றுவதாக அறிவித்தனர். அந்தத் துடிமீன் (PSR 0329+54), ஊர்சா மேஜர் (Ursa Major), கசியோபியா (Cassiopeia) என்ற விண்மீன் கூட்டத் தொடருக்கு அருகில் மங்கலாக இருப்பதாகவும் கூறினார்கள். அக்கோள்கள் முறையே 140, 1,110 நாட்களுக்கு ஒருமுறை துடிமீனைச் சுற்றி வருவதாகவும் கூறினார்கள். இதற்கு முன்பு, PSR 1257+12 என்ற துடிமீன் விர்கோ விண்மீன் கூட்டத்தொடரில் இரு கோள்களுடன் இயங்குவது தெரியவந்தது. அவை முறையே 67, 98 நாட்களுக்கு ஒருமுறை சுற்றி வருவதாகவும் அறிவிக்கப்பட்டது. விண்மீனின் வெடிப்பிலிருந்து வெளியேறிய கூளத்திலிருந்து கோள்கள் உருவாயிற்று என்றும், துடிமீன்கள் விண்மீன்களின் வெடிப்பின் எச்சம் என்றும் கருதப்படுகிறது.

விண்மீன் திரளிற்கு வெளியே இயங்கும் துடிமீன் ஒன்றையும் கண்டுள்ளனர். அது மெகலானிக் முகில் என்ற விண்மீன் கூட்டத் தொடரில் உள்ளது. ஐன்ஸ்டீன் கோள் சேகரித்த விவரப்படி, அந்தத் துடிமீன் X கதிர்களை வீசுகிறது. இதற்கு மாறாக, மிகவும் மங்கலாக உள்ள துடிமீனும், சிடஸ் (cetus) என்ற விண்மீன் கூட்டத் தொடரில், 280 ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது.

நண்டு புகைமத்தில் மிக வேகமாகச் சுழலும், மிகக் குறைந்த வயதான துடிமீன் உள்ளது. துவக்கத்தில் ஒலி அலைகள்மூலம்தான் (100—1000 மெகா ஹெர்ட்ஸ்) துடிமீன்களைக் 'காண' முடிந்தது. பிறகு X கதிர்களையும், காமா கதிர்களையும் வீசும் துடிமீன்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இன்னுமொரு விதமான துடிமீனும் தென்பட்டது. அதிலிருந்து ஒலி எதுவும் இல்லை; ஆனால், X கதிர்களே வெளிப்பட்டன. துடிமீன்கள் தனியாகவே இயங்குவதாக

எண்ணிய வானியலார்கள் வியக்கும்படி இரட்டைத் துடிமீன்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அத்தகைய மூன்று ஜோடிகளையும், அவற்றின் 'உறவு'களையும் காணவிழைந்தனர். 1974இல் அத்தகைய துடிமீனை (PSR 1913+16), ஒருவிண்மீனின் துணையுடன் கண்டு பிடித்தனர். பொது ஈர்ப்புக்கொள்கைப்படி, அருகே இயங்கும் இரட்டை விண்பொருள்கள் ஒரு காலவரையில் ஈர்ப்பு அலைகள் மூலம் தமது ஆற்றலை இழந்துவிடுகின்றன. ஐன்ஸ்டீன் கூறியது மெய்யே என்று மீண்டும் உறுதியாகியது. விண்வெளியில் ஈர்ப்பு விசை அலைகள் உள்ளன என்பதை உறுதிப்படுத்தும் முதல் பரிசோதனைச் சான்றாகவும் இதைக் கொள்ளலாம்.

கலிபோர்னியா பல்கலைக்கழகத்தின் வானியலார்கள் ஸ்ரீநிவாஸ் ஆர் குல்கர்னி, (Shrinivas R. Kulkarni), டிசி. பேக்கர் (D.C. Backer) உட்பட பல ஆய்வாளர்கள் அதிவேகமாகச் சுழலும் துடிமீன் ஒன்றை (PSR 1977 + 214) கண்டுபிடித்தனர். இது வினாடிக்கு 642 முறை சுற்றியது வியக்கத்தக்கது; அதாவது ஒவ்வொரு துடிப்பும் 1.5578 மில்லி வினாடியே (வினாடியில் ஆயிரத்தில் இரு பகுதி களுக்கும் குறைவாக) நீடித்தது. நண்டு புகைமத்தில் உள்ள துடிமீன் வினாடிக்கு 30 முறைதான் சுழலுகின்றது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. 1998க்குள் ஐம்பதுக்கும் அதிகமான மில்லி வினாடி துடிமீன்கள் (ஒரு வினாடிக்கு ஆயிரம் முறைக்கும் அதிகமாகத் துடிக்கும்) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. விண்வெளியில் சுழல் ஆட்டம் தொடர்கின்றது!

விண்மீன் வெடிப்பின் 'பிறந்த' நாள்

1987 பிப்ரவரி மாதத்தில் விண்வெளியில் ஒரு அற்புதம் தென்பட்டது. தெற்கு வானத்தில் உள்ள பெரிய மெகாலானிக் முகில் (Large Magellanic Cloud) என்ற பால்வழியின் துணை விண்மீன் வெடித்தது. 1604இல் கெப்ளர் (Kepler) விண்மீன் வெடிப்பைப் பார்த்தபிறகு, உலகம் கண்ட மிக ஒளிமயமான, புவிக்கு மிக அருகாமையில் நடந்த விண்மீன் வெடிப்பு இதுவே. தொலைநோக்கி கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு முதன்முதலாக மனிதன் பார்த்த விண்மீன் வெடிப்பும் இதுவே. SN 1987-A என்று பின்னர் குறிப் பிடப்பட்ட இந்த நிகழ்ச்சியை காண்பதற்கு மூன்று மணி நேரத்திற்கு முன்பே கனடாவின் ஈரி என்ற ஏரியில் புதைத்துள்ள உணர்வி களும், புகைப்பட தட்டுங்களும் விண்மீன் வெடிப்பிலிருந்து கிளம்பி புவியடைந்த நூட்ரினோ என்ற தூள்களைப் பதிவு

செய்தன. இத்தூள்கள் இங்ஙனம் வரும் என்று ஏட்டளவில்தான் அதுவரை அறிந்திருந்தனர்.

விண்வெளியிலிருந்த ஹப்பிள் தொலைநோக்கி, வெடித்த விண்மீனை மூன்று வளையங்கள் சுற்றிக் கொண்டிருப்பதைக் கண்டது. அவற்றில் உள்ள பொருட்கள் 1987A விண்மீன் வெடிப் பதற்கு சுமார் 20,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே வெளியேற்றப்பட் டிருக்குமென கருதி வருகின்றனர். அதில் உள்ள கருங்குழி தொடர்ந்து கதிர்வீச்சு வெளியேறுவதைத் தடுத்திருக்கலாம் என்றும் கூறினர்.

விண்மீன் வெடிப்பிற்குப் பின் சற்று நேரத்திற்கு வானொலி எதுவும் வரவில்லை. அமைதி நிலவியது. ஒரு மாதத்திற்குப் பின்னர் உலக புற ஊதா ஆய்வுக்கோள் ஒருசிறிய ஒளிக்கதிரின் பிரதி பலிப்பைப் பதிவு செய்தது. மூன்று மாதங்களுக்குப் பிறகு, வானியலார்கள் அறிவித்திருந்தபடி ஒலிபரப்புகள் வெடித்த விண் மீனிலிருந்து துவங்கின. ஆஸ்திரேலியாவில் உள்ள விண்ணொலித் தொலை நோக்கிகள் முதன்முதலாக ஒலி பரப்புகளைக் கேட்டன.

வெடித்துப் பத்து ஆண்டுகளுக்குப்பின் 1997இல்விண்மீன் மிக மங்கலாகி ஒளிஇழந்து காணப்பட்டது. மந்தமான பிறந்த நாளுக்கு ஈடாக, அதன் X கதிர் வீச்சும், வானொலியும், அதிர்ச்சி யடையும் வகையில் அதிகரித்தன. வெடித்த விண்மீனின் அலை 2007இல் புதிய தோற்றங்களை உண்டாக்கும் என்று எதிர்பார்க்கப் படுகிறது.

25

X–கதிர்களை வீசும் விண்ணகம்

கதிரவன் தன்னுடைய ஆற்றலை பெரும்பாலும் ஒளியாகவும், X கதிர்களாகவும் வீசுகின்றது. கதிரவனிடமிருந்து X கதிர்கள் வருவதை புகழ்பெற்ற இந்திய விஞ்ஞானி பேராசிரியர் மேக்நாத் சஹா (1893-1956) பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே அறிவித்தார். கதிரவன் கொந்தளிக்கும்பொழுது, X கதிர்கள் அதிகமாவதால் புவியில் ஒலி பரப்புகளை சரியாக கேட்க முடிவதில்லை. கதிரவனின் வெப்ப நிலையை சுமார் 5,000 கெல்வின் என்று மதிப்பிட்டுள்ளனர். விண்வெளியில் உள்ள சில பொருள்கள் பல மில்லியன் டிகிரி வெப்பத்தை அடைந்தால், அவற்றின் பெரும்பாலான ஆற்றல் X கதிர்களாகவும், மிகக் குறைந்த அளவில் ஒளியாகவும் வெளியேறு கின்றது. புவியின் காற்றுவெளி X கதிர்களை ஈர்த்துக் கொண்டு விடுகிறது. ஆகவே, X கதிர்களை காற்றுவெளிக்கு மேலிருந்துதான் உணர முடியும்.

விண்ணகத்தில் வன்முறையா என்று வியக்கும்படி பல நிகழ்ச்சிகளை X கதிர்கள் அவ்வப்பொழுது அறிவிக்கின்றன. ஆற்றல் குவிந்துள்ள இடங்களிலும், பெருமளவிற்கு ஆற்றல் வெளியேறும் பொழுது X கதிர்கள் தோன்றுகின்றன.

X கதிர்களை முதன்முதலாக ஏவுகணைகளே கண்டுபிடித்தன. 1949இல் ஜெர்மனியிடமிருந்து கைப்பற்றப்பட்ட V2 ஏவு கணைகளை அமெரிக்கக் கடற்படை ஆய்வுக்கூடம் செலுத்தியது. அவை X கதிர்களை அறிவித்தபிறகு, ஹெர்பெர்ட் ஃப்ரைட்மென் (Herbert Friedman) என்ற விஞ்ஞானியும் அவரது குழுவும், கதிரவனின் கொந்தளிப்புப்புள்ளிகளின் 11 ஆண்டு சுற்றின் பொழுது தோன்றும் X கதிர்களை ஆராய்ந்தனர். இக்காலவரையில் கதிரவனின் வெப்பம் அதிகமாகவும், குறைந்தும் மாறுகின்றது. கதிரவன் தனது ஆற்றலில் மில்லியனில் ஒரு பங்கைத்தான் X

கதிர்களாக வெளியேற்றுகிறது. அவர்களது ஆராய்ச்சி கதிரவனைச் சுற்றியுள்ள வெப்ப மூடி (கதிரவன் நிலாவினால் மறைக்கப்படும் சில வினாடிகளில்தான் இது தென்படும்) மில்லியன் டிகிரி அளவில் உள்ளது என்பதை அறிவித்தது.

X கதிர்களை புகைப்படத்தில் பதிவு செய்து காணும்முறை விஞ்ஞானிகளுக்கு அவ்வளவு பிடிபடவில்லை. மேலும் கதிரவனும் இயற்கைக் கோள்களும் சுற்றும் மண்டலத்திற்கு அப்பால் X கதிர்கள் உள்ளதா என அறிய விஞ்ஞானிகள் விழைந்தனர். 1962இல் ரிக்கார்டோ கியாகோனியும் (Ricardo Giacconi) அவரது நண்பரும் ஒரு புதிய தொலைநோக்கியை அமைத்து, கதிரவனின் மண்டலத்திற்கு வெளியே ஸ்கார்பியோ (Sco XI) என்ற விண்மீன் கூட்டத்தில் X கதிர்கள் தோன்றும் இடத்தைக் கண்டனர். அது ஒரு நீல விண்மீன் என்றும், அதன் வெப்பம் 50 மில்லியன் டிகிரி சென்டிகிரேட் என்றும், அது ஒளிமயமாகவும், மங்கலாகவும் மாறி மாறித் தோன்றுகிறது என்றும் கண்டனர். பின்னர், பல X கதிர்கள் தோன்றும் இடங்களைக் கண்டுபிடித்தனர். 1964இல் புகழ்பெற்ற நண்டு புகைமத்தில் X கதிர்கள் தோன்றுவதைக் கண்டனர். அது மட்டுமின்றி, X கதிர் தோன்றும் இடம் ஒளிவீசும் புள்ளி அல்ல என்றும், நிலா அதை மறைத்த போதிலும், X கதிர்கள் தொடர்ந்து வந்ததால், அது ஒரு பரவலான இடம் என்றும் அறிந்தனர். நண்டு புகைமம், 3,000 ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால், வினாடிக்கு 1,600 கி.மீ. வேகத்தில் செல்கின்றது; அதன் வானொலியைவிட X கதிர்கள் 10,000 மடங்கு அதிகமாக உள்ளது என்றும் கண்டனர்.

நமது விண்மீன் திரளிற்கு வெளியிலும் குறிப்பிடத்தக்க X கதிர் வீச்சு இடங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அவற்றுள் M87 என்ற நீள்வட்ட விண்மீன் திரளும், 3C273 என்ற ஒலிக்கும் விண் மீனும் தென்பட்டன. SCOX–1க்கு அருகே விட்டுவிட்டு எரியும் ஒரு துணைப்பொருள் இருப்பதாகவும் கண்டனர்.

வழிகாட்டிய கோள்

X வானியலுக்கே அர்ப்பணிக்கப்பட்ட முதற்கோள், அமெரிக்க ஆராய்ச்சிக்கோள் 42, உஃரு (Uhuru) என்று அழைக்கப்பட்டது. 1970இல் செலுத்தப்பட்ட இக்கோள் மூன்று ஆண்டுகள் இயங்கி பல பரபரப்பான தகவல்களை அறிவித்தது. இரட்டை விண் மீன்கள் நமது விண்மீன் திரளிலேயே இருப்பதை அக்கோள் கண்டது. அவற்றிடையே பருப்பொருள் கைமாறிக்கொண்டே இருந்தது என்று

கூறப்பட்டது. பெரிய விண்மீன் தனது சிறிய துணைவிண்மீனிற்கு பருப்பொருளை கொடுத்தவண்ணமே உள்ளது. நமது விண் திரளிலிருந்து ஒருசில இரட்டை விண் மீன்களே இத்தகைய பருப் பொருளை பரிமாற்றம் செய்து கொள்கின்றன என்றும் விவரித்தனர்.

சந்திரசேகர் வரம்பு

சிறப்புமிக்க இந்திய வானியல் வல்லுநர், டாக்டர் சுப்ரமணியம் சந்திரசேகர் (1910-1995), 1928இலேயே சீர்குலையும் விண்மீன்கள் கருங்குழியை உண்டாக்கும் என்று கூறியிருந்தார். கதிரவனைவிட 1½பங்கு அதிக பொருண்மை ஒரு வெப்பமற்ற விண்மீனுக்கு இருந்தால், அந்தப்பளுவை அதனால் தாங்க முடியாது என்றும் கணக்கிட்டிருந்தார். இதைத்தான் சந்திரசேகர் வரம்பு என்று உலகில் கூறுகின்றனர். இளம் வயதில் அவர் இதை இங்கிலாந்தில் விவரித்தபொழுது, அவரது ஆசிரியர், ஆர்தர் எட்டிங்டன் (Arthur Eddington) தனது மாணவனின் கருத்தை ஏற்காமல் ஏளனம் செய்தார். ஆங்கிலேய ஆசிரியரின் கருத்து அன்று வென்றது. மனமுடைந்த சந்திரசேகர் இங்கிலாந்தையே விட்டு அமெரிக்கா சென்றுவிட்டார். பின்னர், பாரெங்கும் தன் கருத்தை நிலை நாட்டினார். முதலில் சிரித்தவரை எண்ணி உலகம் பிறகு சிரித்தது!

விண்மீன்கள் தமதுஅணு உலைகளை எரித்தபின் அவற்றின் எடையைத் தாங்கும் வளி ஒன்றும் இல்லாமல், உள்நோக்கி வெடிக்கின்றன. அதன் விளைவாகக் கருங்குழிகளும், நியூட்ரான் விண்மீன்களும், வெள்ளைக் 'குள்ளன்'களும், தோன்றுகின்றன. நமது கதிரவன் 'இலேசான' எடையுள்ள ஒரு விண்மீனே. அதன் வாழ்வு முடியும் தருவாயில் அது ஒரு வெள்ளைக் குள்ளனாக மாறும்; அப்பொழுது அதில் ஒரு தேக்கரண்டிப் பருப்பொருள் ஒரு டன் கனக்கும். நியூட்ரான் விண்மீன்கள் நடு எடை வீரர்கள். 16 கி.மீ. குறுக்களவு கொண்டிருக்கும் அவை, வெள்ளைக் குள்ளர்களைவிட 100 மில்லியன் மடங்கு அதிக அடர்த்தியைக் கொண்டு உள்ளன என்று கூறுகின்றனர். கனத்த விண்மீன்கள் சீர்குலைந்து ஒரு வினாடியின் மில்லியன் பங்குகளில் ஒரு பங்கு செல்லும் நேரத்தில் கருங்குழியாக 'மாறிவிடும்' அதிலிருந்து எதுவும், ஒளி உட்பட, தப்பிச் செல்ல முடியாது.

உஃரு கோள், எர்குலஸ் X–1 (Her –X 1), சென்டாரஸ் (Centaurus X 3) போன்ற இரட்டை X கதிர்வீசும் துடிவிண்மீன்களைக் கண்டது. அவை சுழன்ற வேகம் மாறுபட்டிருந்ததால், அவற்றின்

பொருண்மையை சரிவரக் கணக்கிட்டனர். ஒரு நியூட்ரான் விண்மீனின் பொருண்மையை முதன்முதலாக நேரடியாக அளவிட்டனர்.

முதல் X கதிர் கோள் அளித்த பல விவரங்கள் பின்னர் உறுதிப்படுத்தப்பட்டன. 200 மில்லியன் ஒளிஆண்டுகளுக்கப்பால் உள்ள இரண்டு சிபெர்ட் (Seyfert) விண்மீன்திரள்கள், நண்டு புகைமத்தைவிட பல மில்லியன் மடங்கு அதிகமாக X கதிர்களைச் செலுத்துவதாகக் கண்டனர். 1972இல் காபர்நிகஸ் என்ற கோள் விண்மீன் திரளிற்கு வெளியே உள்ள X கதிர்களின் காலவரை வேறுபடுவதைக் கண்டது. வேறு சில X கதிர்கள் மங்கலாக இருப்பதையும் கண்டனர்.

1975இல் இந்தியா செலுத்திய ஆர்யபட்டா, பரிசோதனைக் காக ஒரு X கதிர் காணும் கருவியையும் எடுத்துச் சென்றது. ஐந்தே நாட்கள் இயங்கினாலும், நமது விண்மீன் திரளின் மையத்திலிருந்து X கதிர்கள் வருவதைக் கோள் கண்டது. இப்பரிசோதனைகள் ஏற்கெனவே பலூன்களில் வைக்கப்பட்டிருந்த கருவிகளின் தகவல் களையொட்டி அமைக்கப்பட்டன. கனடாவின் விஞ்ஞானிகளுடன் இணைந்து செலுத்தப்பட்ட பலூன்களின் மூலம் 1962இல்கண்ட முதல் X கதிர் இடம் ஒரு விண்மீனே என்றும், அதன் அலைகள் 29 மில்லிவினாடி இடைவெளியில் வருகின்றன என்றும் கண்டனர்.

X கதிர்களை வீசும் துடிவிண்மீன், நண்டு புகைமம் போன்ற பல இடங்களிலும் கண்டுபிடித்தனர். அவற்றின் X கதிரியக்கம் 70 மில்லி வினாடிகளிலிருந்து, 15 நிமிடங்கள் வரை மாறி மாறி வருகின்றது. ஒரு நியூட்ரான் விண்மீன் சுருங்கும்பொழுது, அது சுழல ஆரம்பிக்கின்றது. அப்பொழுது அதன் காந்த வயலில் உள்ள மின்னணுக்கள் ஒளிவேகத்தில் சுழல, X கதிர்கள் தோன்றுகின்றன. காந்த வயலுக்கும் சுழலும் விண்மீனுக்கும் உள்ள சாய்வுக் கோணத்தைப் பொருத்து, கலங்கரை விளக்குபோல் ஒரு ஒளிக்கற்று சுழலுகிறது.

விண்ணில் 'ஐன்ஸ்டீன்' பார்வைக்கூடம்

1978 வரை செலுத்தப்பட்ட X கதிர் ஆய்வுக்கோள்கள் வானத்தை எல்லா திசைகளிலும் நோக்குவதாக அமைக்கப்பட்டன. முதன் முறையாக 1978இல் நிலமையத்திலிருந்து செலுத்தும் கட்டளைப்படி குறிப்பிட்ட திசையில் நோக்குமாறு ஐன்ஸ்டீன் பார்வைக்கூடம் என்ற ஒரு கதிர் காணும் கோள் செலுத்தப்பட்டது. இக்கோள்

முதல் X கதிர் கோளான உஃரு கண்ட X கதிர் இடங்களைவிட 1000 மடங்கு மங்கலான இடங்களைக் காணும் திறனைப் பெற்றிருந்தது. முதலில் கண்ட SCO X-1 என்ற இடத்தைவிட ஒரு மில்லியன் மடங்கு மங்கலான இடங்களைக் காண இயன்றது. முதன்முதலாக, கண்ணால் பார்க்கும் தொலைநோக்கியின் தெளிவை, ஒரு X கதிர் பதிவுசெய்யும் கோளில் காண இயன்றது.

ஐன்ஸ்டீன்கோள் கண்ட ஒரு அடிப்படை உண்மை, X கதிர்கள் விண்ணில் ஒரு விதிவிலக்காக விளங்காமல், சர்வ சாதாரணமாகப் பரவியுள்ளன என்பதே. இதற்கு முன் 5500—10000 (K) கெல்வின் வெப்பநிலை கொண்ட விண்மீன்களே X கதிர்களை வீசும் என்று எண்ணிக் கொண்டிருந்தனர். ஆனால் இக்கோளிற்குப் பிறகு, கதிரவனைவிட பல ஆயிரம் மடங்கு மங்கலாகவோ, ஒளிமய மாகவோ உள்ள பல்வேறு விண்மீன்களும் X கதிர்களை வீசுகின்றன என்று அறிந்தனர்.

ஐரோப்பியக் கோள்கள்

ஐன்ஸ்டீன் கோள் 1981ல் நிறைவடைந்தது. அது கண்ட X கதிர்களின் ஆற்றல் குறைந்த அளவில்தான் இருந்தது. இந்த ஆய்வைத் தொடர ஐரோப்பிய விண்நிறுவனம் எக்ஸோஸாட் (Exosat) என்ற கோளை 1983 மே மாதம் ஒரு அமெரிக்க ஏவு கணையைக் கொண்டு செலுத்தியது. அதன் சுற்றுவழி ஒரு பெரிய நீள்வட்டமாக அமைந்தது; அதன் சேய்மைத் தொலைவு புவியிலிருந்து 1,91,000 கி.மீ. தள்ளி இருந்தது. இதனால் புவியைச் சுற்றியுள்ள கதிர்வீச்சுப் பட்டைகளைத் தவிர்த்தது. நான்கு நாட்களுக்கொரு முறை இக்கோள் புவியைச் சுற்றி வந்தது. இதனால் நிலாவினால் மறைக்கப்படும் X கதிர் இடங்களைக் காண இயன்றது. ஒரு வினாடிக்கும் குறைவான நேரத்தில் மட்டும் ஒளிமயமாக விளங்கும் இடங்களையும், 30 மணிநேரத்திற்கும் மேலாகத் தொடர்ந்து ஒளிவிடும் இடங்களையும் கோள் கண்டது. 1986இல் சுமார் 2,000க்கும் மேலாக பல இடங்களை உன்னிப்பாகக் கண்ட இந்தக் கோள் 1986இல் புவியின் காற்றுவெளியில் வீழ்ந்தது.

1990இல் ரோசாட் (Rosat) என்ற மற்றொரு X கதிர்கோளை ஜெர்மனி, இங்கிலாந்து, அமெரிக்கா இணைந்து அமைத்தன. இக்கோள் முதன்முதலாக நமது விண்மீன் திரளுக்கு அப்பால் X கதிர்களை விண்மீன்களிடையே உள்ள நீர்வளி மூலமாக நோக்கியது. புவியுள்ள பால்வழிக்கப்பால் தோன்றும் X கதிர்களில் அரைப்பங்கு,

ஒலிக்கும் விண்மீன்களால் வீசப் படுவதாக தெரிய வந்தது. ரோசாட்டின் அனைத்து வான ஆராய்ச்சிக்குப் பின் 1,00,000 X கதிர்வீச்சு இடங்களைப் பட்டியலில் சேர்த்தனர். உஃரு வானமெங்கும் ஆராய்ந்து கண்டு பிடித்த X கதிர்வீச்சு இடங்களின் எண்ணிக்கையைவிட அதிகமாக ரோசாட் அண்மையில் உள்ள ஒரே ஒருவிண்மீன் திரளில் கண்டது.

சந்திரா

அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம், புகழ்பெற்ற இந்திய வானியல் மேதை சந்தரசேகரின் நினைவாக அவரது பெயரில் ஒரு X கதிர் கோளை செலுத்தியது. பலமுறை தாமதமான இக்கோள், 1999இல் செலுத்தப்பட்டது. ஹப்பிள் தொலைநோக்கியைவிட 200மடங்கு உயரத்தில் இக்கோள் இயங்கிவருகிறது. விண்வெளி வீரர்களால் இவ்வளவு உயரம் சென்று அதைப் பழுதுபார்க்க இயலாது. அதன் நீள்வட்டச் சுற்றுவழியின் அண்மைத் தொலைவு 7,000 கிலோ மீட்டராகவும், சேய்மைத் தொலைவு 1,14,000 கிலோமீட்டராகவும் உள்ளன.

சந்திரா கண்ட ஒளி 10 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன் அதன் இடத்திலிருந்து புறப்பட்டதாகும். கருங்குழியில் துகள்கள் விழுமுன் கடைசி வினாடிவரை அவற்றின் X கதிர்களை சந்திரா காண்கின்றது. ஒரு பக்கத்திலிருந்து இன்னொரு பக்கம் செல்ல X கதிர்களுக்கு ஐந்து ஒளி ஆண்டுகள் தேவைப்படுகின்றன. சந்திராவின் பதிவுப் படங்கள் முன்னர் கிடைத்த படங்களைவிட 25 மடங்கு அதிகத் தெளிவாக இருக்கின்றன.

விண்ணகமெங்கும் பரவலாக இருக்கும் X கதிர்களின் பின்னணியை சந்திரா கண்டது. முழுநிலா வடிவின் ஐந்தில் ஒரு பங்கு வட்டத்திற்குள் தோன்றும் X கதிர் இடங்களில் 80 விழுக்காட்டைத் தெளிவாகக் காண்பித்தது. அவற்றுள் பெரும் பாலானவை கண்ணிற்குத் தெரியாத விண்மீன் மண்டலங்கள். அவை ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு மாபெரும் கருங்குழி உள்ளதைக் கண்டுள்ளனர். மிக மங்கலான ஒளிரும் விண்மீன் திரள்களும், கண்ணிற்கு அனேகமாகப் புலப்படாத ஒரு புதிய விண்வெளித் திரளும் தென்பட்டன. அவை புறப்பட்ட இடங்கள் 14 பில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கு அப்பால் உள்ளன என்றும், அவை மிக மிகப் பழமையான, மிகமிகத் தொலைவில் உள்ளவை என்றும் கருதப்படுகிறது.

X கதிர் இரட்டைகள்

ஒன்று அல்லது ஒன்றிற்கு மேல் அணுக்கருக்கள் மோதி ஒன்றாகச் சேரும்பொழுது, கதிரவனில் ஏற்படுவதுபோல, பெருமளவிற்கு ஆற்றல் விடுபெறுகின்றது. இதைவிட திறன் வாய்ந்த முறைகள் X கதிர்களை வீசும் இரண்டு விண்மீன்களில் இருப்பதாகக் கண்டுள்ளனர். அவற்றில் சாதாரண விண்மீனிலிருந்த பருப்பொருள் நியூட்ரான் விண்மீனுக்குப் பாய்கின்றது. இம்முறையில், பெருமளவிற்கு, நீர்வளிச் சேர்க்கையைவிட அதிகமாக, ஆற்றல் வெளிவருகின்றது. இரட்டை விண்மீன்கள் ஒன்று மற்றொன்றின் பருப்பொருளை விழுங்கி ஒரு வெடிக்கும் விண்மீனாய் நிறைவடைகின்றன. வாடிப்போன விண்மீன் ஒரு துடிக்கும் விண்மீனாக மாறுகிறது. வேறு ஒருவிதமான இரட்டை விண்மீனில், துணையாக இயங்கும் நியூட்ரான் விண்மீன், மற்றொரு விண்மீனை மறைத்து விடும் பொழுது, X கதிர்கள் வருவதில்லை.

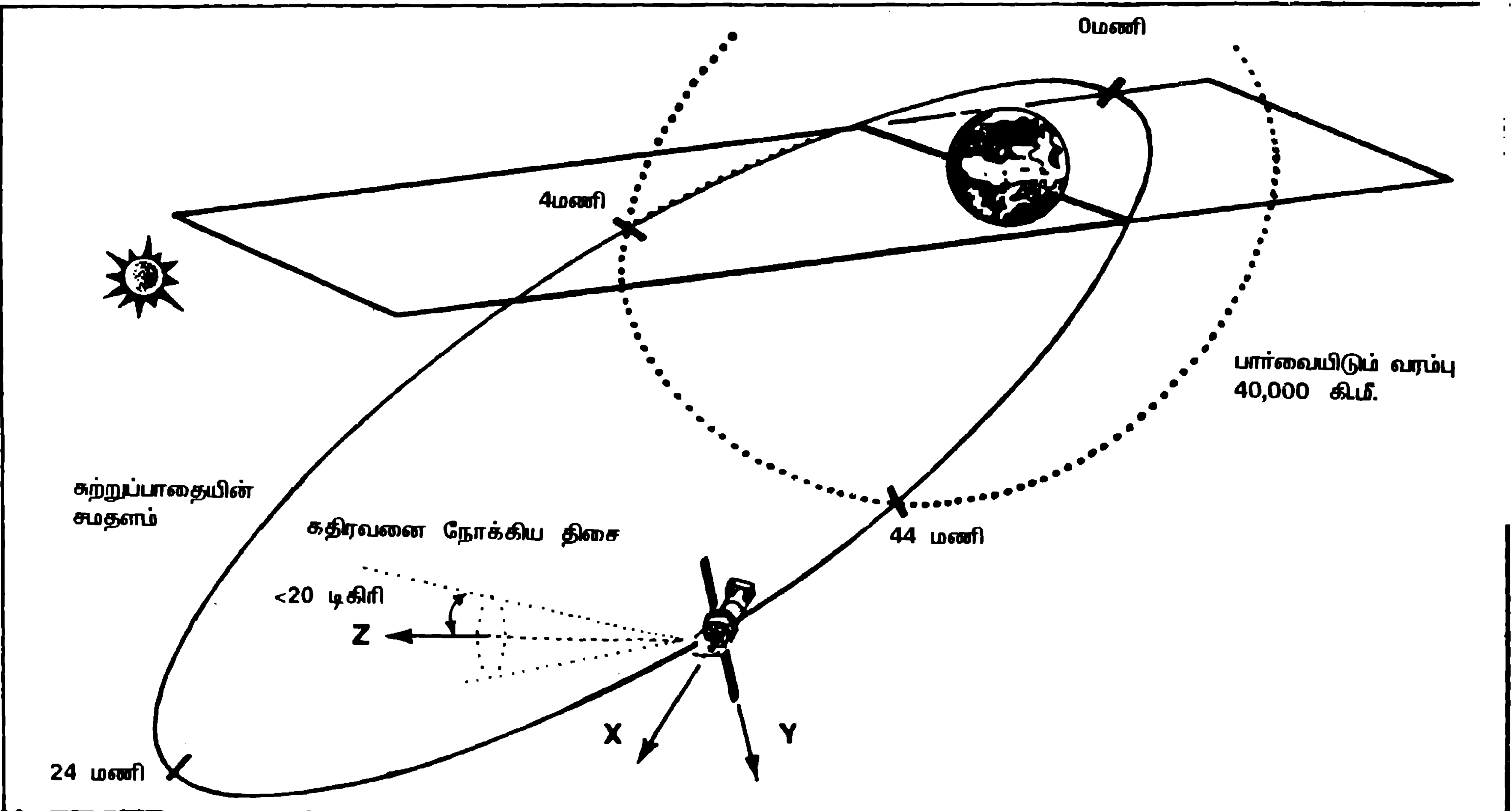
ஐரோப்பிய XMM/நியூட்டன்

ஐரோப்பிய X கதிர்கோள் (2000) ஒன்று (XMM/நியுட்டன்) தனது சுற்றுவழியில் பெரும்பாலான நேரத்தை புவியிலிருந்து அதிகத் தொலைவில் (1,14,000 கி.மீ.) கழிக்கின்றது. நீடிக்கப்பட்ட இதன் சுற்றுவழி, புவியைச் சுற்றியுள்ள கதிர்வீச்சுப் பட்டைகளைத் தவிர்த்து, புவியில் உள்ள மையங்களுடன் தனது (48 மணி நேர சுற்றுவழியில்) சுமார் 40 மணி நேரம் தொடர்பு கொள்கின்றது (படம் 61).

இதுவரை நடைபெறாத இந்த விஞ்ஞான முயற்சி விண்ணகத்தின் வரலாற்றை அறிய புதிய முறைகளைத் தேடுகின்றது. வெடிக்கும் விண்மீன்கள் உண்டாக்கும் கருங்குழிகள் பற்றியும், விண்மீன் திரள்களில் உள்ள 'அரக்கக்' கருங்குழிகள் பற்றியும் தற்பொழுதுள்ள கருத்துகளை சரிபார்க்க இக்கோள் உதவும்.

X கதிர்கள் பல்வேறு இடங்களில் தோன்றுகின்றன; கருங்குழிகள், விண்மீன்கள், வால்விண்மீன்கள், வெடித்த விண்மீன்கள், அவற்றிலிருந்து வந்துள்ள வெப்ப வளிகள், போன்றவை கதிர்களை வீசுகின்றன. ஒலிக்கும் விண்மீன்களின் சிறப்பான ஆற்றலுக்கும் X–கதிர்களே காரணம்.

X கதிர்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சி பல அடிப்படை வினாக்களுக்கு விடை அளிக்கலாம். ஒன்று, X கதிர்களின் பின்னணி. X கதிர்கள்



படம் 61. அதிக நீள்வட்ட சுற்றுப்பாதையில் (1,14,000 கி.மீ. தொலைவில் சேய்மைப் புள்ளியை அடையும்), X கதிர்கோள் (ஐரோப்பிய XMM/நியூட்டன்) புவியின் காந்த வயல்களுக்கப்பால் இயங்குகின்றது. நில மையங்களுடன் இக்கோள் 44 மணி நேரத்திற்கும் மேலாக ஒரு சுற்றில் தொடர்புகொள்ள முடியும்.

பெரும்பாலும் நமது விண்மீன் மண்டலத்திற்கு வெளியே தோன்றுகிறது என்று கருதினார்கள். ஒலிக்கும் விண்மீன்களும், இதர தனித்து இயங்கும் விண்பொருள்களுமே X கதிர்களை வீசுகிறது என்று உறுதிப்படுத்தப்பட்டால், X கதிர்களை தோற்று விக்கும் லேசான வெப்ப வளி எங்கும் பரவியுள்ளது என்று நம்பத் தேவையில்லை. வெப்ப வளி இருப்பதாக நினைத்து, அதனால் விண்ணகத்தின் விரிவாகும் படலம் முடிவடைந்துவிடும் என்று சிலர் கருதுகின்றனர்.

நமது விண்மீன் திரளிற்கு வெளியே உள்ள உலகைக் காட்டும் X கதிர்கள் விண்ணகத்தைப் பற்றிய புதிய கருத்துகளை தோற்று வித்துள்ளன. விண்மீன் திரள்கள் எப்படி, விண்மீன் கூட்டங்களாக சேருகின்றன என்பதை ஓரளவிற்குக் காட்டுகின்றன. சராசரி 100,000 விண்மீன்கள் கொண்ட கூட்டங்கள் பல உள்ளன. ஆயிரக் கணக்கான விண்மீன் திரள்கள் ஈர்ப்பு விசையால் கட்டுண்டு இருப்பதைக் காண்கிறோம். விண்மீன் திரள்களின் கூட்டங் களிடையே 10—100 மில்லியன் டிகிரி (கெல்வின் அளவில்) வெப்ப வளியை முதல் X கதிர்கோள் 'உஃரு' கண்டது. இந்த வளி பரவியுள்ள விதம் விண்மீன் மண்டலங்கள் வளர்ந்து வருவதைக் காட்டுகின்றது.

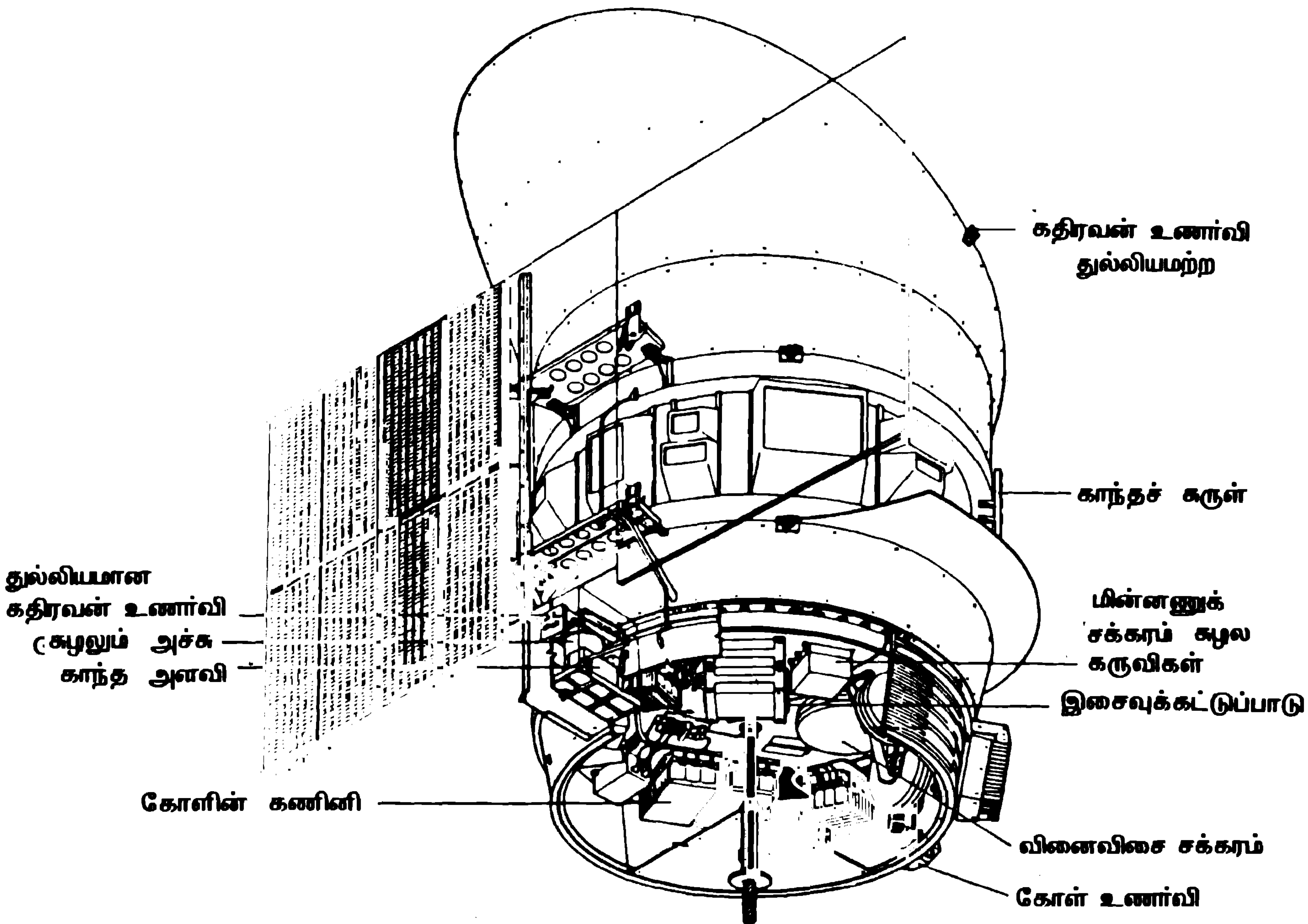
26

தூசி இல்லையேல் நாம் இல்லை

விண்ணகத்தை அகச்சிவப்பில் பல கோள்கள் காட்டியுள்ளன. அகச்சிவப்பு அலைகளை புவியின் காற்றுவளி தடுத்து ஈர்த்துக் கொள்கின்றது. அமெரிக்க அகச் சிவப்பு வானியல் கோள் ஒன்று— ஐ.ஆர்.ஏ.எஸ். (IRAS) 1983 ஜனவரியில் செலுத்தப்பட்டு, நவம்பர் வரை இயங்கியது (படம் 62).

கோளின் தொலைநோக்கியை வெப்பத்திலிருந்து தடுக்க வைக்கப்பட்ட நீர்ம இலீயத்தின் கடைசி சொட்டுவரை கோள் இயங்கியது. துருவங்களைக் கடந்து புவியைச் சுற்றிய அக்கோள் 2,00,000 க்கும் மேலான அகச்சிவப்பு தோன்றும் இடங்களைக் கண்டுபிடித்தது. இக்கோளிற்கு முன் கண்டிருந்த இடங்களைவிட 100 மடங்கு அதிகமான இடங்கள் அகச்சிவப்பு அலைகளை வீசுவதைக் கண்டனர். விண்மீன்கள் மட்டுமின்றி, தூசிமுகில்கள், சிறுகோள்கள், வால்மீன்கள் போன்றவை அகச்சிவப்பு அலைகளை வீசின.

விண்மீன்கள் விண்ணகத்தில் தோன்றுவது பொதுவான ஒரு நிகழ்ச்சி என்றும், ஆண்டொன்றிற்கு ஒரு விண்மீன் தோற்றம் உள்ளது என்றும் ஐ.ஆர்.ஏ.எஸ். கோள் கண்டது. கதிரவனின் மண்டலத்திற்குள்ளேயே மூன்று தூசி வளையங்களையும் இக்கோள் கண்டுபிடித்தது. ஐப்பானியக் கோள் ஒன்று, மற்றொரு தூசி வளையத்தைக் கண்டது. இத்தூசி வளையங்கள் செவ்வாய் கோளிற்கும் வியாழன் கோளிற்கும் இடையே உள்ள சிறுகோள் பட்டைக்கு அருகே இருக்கின்றன. ஐந்து வால் விண்மீன்களும் ஒரு சிறு கோளும் அகச்சிவப்பில் இருந்தன. புவி உள்ள பால்வழி விண்மீன் திரள் தனது ஆற்றலில் அரைப்பங்கை அகச் சிவப்பில் வெளியிடுகின்றது. ஆனால் நமக்கு ‘அருகே’ உள்ள அன்றோமேடா (Andromeda–M31) விண்மீன் திரள் தனது ஆற்றலில் மூன்று



படம் 62. அகச் சிவப்பு அலை உணர்வுக்கோள். விண்ணகத்தைப் பற்றிய புதிய தகவல்களை அளித்துள்ளது.

விழுக்காடு மட்டுமே அகச்சிவப்பாக வெளியிடுகின்றது. அத்துடன் ஒப்பு நோக்கினால் நாம் உள்ள விண்மீன் திரளின் வயது அதிகமாகவில்லை என்று தென்படுகின்றது.

விண்மீன்களால் சூடாக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு தூசித்துகளும் அகச்சிவப்பு அலைகளை வீசுகின்றது. விண்மீன்களின் பிறப்பை அகச்சிவப்பு அலைகள் அறிவிக்கின்றன. ஐ.ஆர்.ஏ.எஸ் கோள், வேகா (vega) என்ற நீலவிண்மீனை தூசிக்கூடு சுற்றிக்கொண் டுள்ளதைக் கண்டது. ஒரு இயற்கைக்கோள் கூட்டம் உருவாகுவதை இது குறிப்பிடலாம்.

அமெரிக்க ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனங்களின் கூட்டு முயற்சியாக அடுத்த தலைமுறை விண்வெளித் தொலைநோக்கி, விண்மீன்கள் தோன்றுவதைக் காண 2007இல் செலுத்தப்பட உள்ளது. புவியின் ஈர்ப்பு விசையும், கதிரவனின் ஈர்ப்பு விசையும் சமநிலையில் உள்ள புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு, கதிரவனைச் சுற்றும் அக்கோள் தொலைவில் உள்ள விண்வெளிப் பொருள்களை அகச்சிவப்பிலும், கண்ணிற்குப் புலனாகும் அலைவரிசையிலும் கவனிக்கும். குறிப்பாக, விண்ணகத்தில் பெரு வெடிப்பிற்குப் பிறகு சற்றே நேரத்தில் தோன்றிய விண்மீன் திரள்களையும், தூசியையும் விண்மீன்களைச் சுற்றியுள்ள இயற்கைக் கோள் வளையங்கள் உருவாகுவதையும் அக்கோள் கவனிக்கும்.

ஐரோப்பிய அகச்சிவப்புப் பார்வைக்கூடம் விண்வெளியில் நவம்பர் 1995லிருந்து மே 1998வரை வானில் பல இடங்களை சுமார் 30000 முறை தனித்தனியே பார்வையிட்டது. கதிரவனின் மண்டலத்திலிருந்து மிகமிகத் தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்கள்வரை கோள் தனது பார்வையைச் செலுத்தியது. தூசி யால் மறைக்கப்பட்டிருந்த பொருட்களையும், குளிர்ந்த பொருட் களையும் கோள் கண்டது. இதற்கான கருவிகளின் வெப்பநிலை முழுமையாக சைபர் அளவுக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டிருந்தது. அகச்சிவப்புத் தொலைநோக்கியால்தான் அவற்றைக் கண்டுபிடிக்க இயலும். அகச்சிவப்பில் அதுவரை கண்டிராத மிக மங்கலான 'பொருட்களை', மிகத் தொலைவில் கோள் கண்டது.

கதிரவனின் மண்டலத்தில் பெரிய இயற்கைக் கோள்களைச் சுற்றி உயர்மட்டத்தில் நீராவி இருப்பதை எதிர்பாராதவிதமாக இக்கோள் கண்டது. விண்வெளியில் ஓரியன் (Orion), செஜிடேரியஸ் (Sagittarius) என்ற இடங்களில் விண்மீன்கள் வளர்ந்துவரும் புகை போன்ற இடங்களும் தண்ணீர் இருப்பதற்கான அறிகுறிகளைக் காட்டின. அறுபது மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால்

விண்மீன்கள் விருவிருப்பாக உருவாகிவரும் 'அண்டேனே' (Antennae) என்ற இடத்தையும் இக்கோள் கண்டது. அங்கே விண்மீன்திரள்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக்கொண்டிருப்பதும் தெரிய வந்தது.

விண்மீன்கள் தோன்றுவதற்கான அறிகுறிகள் தென்படும் 'யுலிரிக்ஸ்' (Ulirgs) என்ற அகச்சிவப்பு விண்மீன் திரள்கள் ஒளி வீசுவதையும் கண்டது. புவிக்கு 'அண்மையில்' உள்ள அன்றோமேடா M31, என்ற விண்மீன் திரளில் வெப்பம் குறைந்த தூசி வளையங்கள் தென்பட்டன; சாதாரணமான தொலை நோக்கியில் அங்கு விண்மீன் சுழல்களே தென்படும். மற்றொரு இடத்தில் கதிரவனைவிட அதிக பளுவுள்ள பல இளைய விண் மீன்கள் தொடர்ந்து தோன்றிக் கொண்டிருப்பதும் தெரியவந்தது.

அகச்சிவப்புக் கோள்கள்மூலம் கரி அதிகமாக உள்ள மூலக் கூறுகளையும் விண்ணில் கண்டுள்ளனர். அவை புவி உள்ள பால் வழியிலும் இதர விண்மீன் திரள்களிலும் உயிரினங்களுக்கு ஆதரவு அளிக்கும். புவியின் உட்புறத்தில் உள்ள 'ஒலிவைன்' (olivine) என்ற வேதிப்பொருளை விண்வெளியில் கண்டுள்ளனர். பல விண் மீன்கள் தங்களைச்சுற்றி கோள்களை உருவாக்கத் தயாராக உள்ளது என்பதையும், அந்த ஆக்கவேலையில் தோன்றும் கூளங்கள் வளையங்களாகத் தென்படுவதையும் கண்டுள்ளனர். விண்ணகம் அதன் வயதில் மூன்றில் ஒரு பங்காக இருந்த காலத்தை ஐரோப்பிய கோள் கண்டது. அப்பொழுது, விண்மீன்தொகை வெகுவாகப் பெருகியது. சுருங்கக்கூறினால், விண்தூசியிலே நாம் தோன்றி இருப்பதையும், அத்தூசி இல்லையேல் நாமில்லை என்பதையும் இக்கோள் உறுதிப்படுத்தியது.

புறஊதாவில் இயற்கை

இயற்கை தனது ஆற்றலில் பெரும்பகுதியை புற ஊதா அலை வரிசையில் காண்பிக்கின்றது. தியோடோர் லைமன் (Theodore Lyman) என்ற விஞ்ஞானி (1874–1954) பரிசோதனைக் கூடத்தில் புற ஊதா அலைவரிசையை முதன்முதலாக ஆராய்ந்தார். அணுசார்ந்த நீர்வளி ஒரு ஆற்றல் நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாறுவதைக் கண்டுபிடித்தார். நீர்வளி ஒரே ஒரு மின்னணு கொண்ட எளிய மூலகம். ஆற்றலை ஈர்த்துக் கொள்ளும் பொழுதும், வெளிப்படுத்தும்பொழுதும் ஏற்படும் புறஊதா அலைவரிசைகள் நீர்வளியின் நிறமாலையில் தென்படுகின்றன. நிறமாலையைப்

பிரித்துக் காட்டும் கருவிகள் விண்வெளியில் நீர்வளி இருப்பதைக் கண்டுள்ளன.

புவியின் ஓசோன் படிவம் புற ஊதா கதிர்இயக்கத்தை ஈர்த்துக் கொள்வதால், உயரே பறக்கும் பலூன்கள், ஏவுகணைகள், செயற்கைக் கோள்கள் போன்றவைமூலம்தான் புறஊதாவில் கதிர் வீசும் விண்பொருள்களைக் கண்டுபிடிக்கலாம். மின்காந்த நிற மாலையில் புறஉதா அலைகள் உள்ளதை முதன்முதலாக கதிரவனின் கதிரியக்கத்தில் கண்டனர். 1964இல் அமெரிக்க கடற் படை ஆய்வுக்கூடம் செலுத்திய V2 ஏவுகணை இந்தத் தகவலைத் தெரிவித்தது. ஒன்பது ஆண்டுகளுக்குப்பின், அதே பரிசோதனைக் கூடம் ஏரோபி (Aerobee) என்ற ஏவுகணையைச் செலுத்தியதில், புற ஊதாக்கதிர் கதிரவனின் மண்டலத்திற்கு அப்பாலும் வீசுவது தெரியவந்தது.

1962இல் விண்வெளிக் கோள்மூலம் புற ஊதாக்கதிர்வீச்சை ஆராய விழைந்தனர். 1968இல் வானியற் பார்வைக்கோள் ஒன்றைச் செலுத்தினர். பத்தாண்டுகளுக்குப் பிறகு, 1978ல் பன்னாட்டுப் புறஊதா ஆராய்ச்சிக் கோளைச்செலுத்தினர். ஐரோப்பிய அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனங்களும், இங்கிலாந்தின் விண்வெளி ஆய்வுக் குழுவும், இணைந்து செலுத்திய இக்கோள் 1996வரை இயங்கியது. மிக அதிக காலம் இயங்கிய புற ஊதாக்கோள் இதுவே. வெப்பமான விண்மீன்களிலிருந்து வரும் ஒளி, (பொதுவாக இளைய விண்மீன்கள்) புற ஊதாவாகத் தோன்றுகின்றது. அவற்றின் நிறமாலையை ஆராய்ந்து வெப்பத்தையும், உள் அமைப்பையும் கண்டுபிடிக்கலாம். விண்மீன்களிலிருந்து வினாடிக்கு 4000 கி.மீ. வேகத்தில் வீசும் ‘காற்று’, அவற்றின் பொருண்மையைக் குறைக்கின்றது என்றும் கண்டுள்ளனர்.

மின்காந்த நிறமாலையில் தோன்றும் புறஊதாக்கோடுகள் விண்மீன்களுக்கிடையே உள்ள தூசியையும், வளிகளையும் காட்டு கின்றன. கதிரவன் தனது ஆற்றலில் 4 விழுக்காட்டை மட்டுமே புற ஊதாவாக வெளியேற்றுகின்றது. இருப்பினும், கதிரவனின் உள்அமைப்பையும், செயற்பாடுகளையும் பற்றி பெருமளவிற்கு விவரங்களை புறஊதா கதிர்இயக்கம் அறிவிக்கின்றது. சனி, வியாழன் கோள்களின் காந்த வயல்களையும், கதிரவனைச் சுற்றும் சில இயற்கைக் கோள்களின் ‘காற்றுவெளி’யையும் புறஊதா அலைவரிசையில் ஆராய்ந்துள்ளனர்.

விண்மீன் வெடிப்புகளும், விண்மீன்திரள்களும் தோன்றிய விவரங்களை புற ஊதா கதிரியக்கம் அறிவிக்கின்றது. விண்மீன்

திரள்கள் நம்மைவிட்டு விலகிச் சென்று கொண்டிருப்பதையும் அறியலாம்; ஒலிக்கும் விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள நீர்வளியின் நிறமாலையில் தோன்றும் இருண்ட ஈர்ப்புக்கோடுகள், ஒலிக்கும் விண்மீன்கள் விலகுவதை அறிவிக்கின்றன. விண்மீன்களிடையே பரவியுள்ள பொருள் விண்மீன்களாக மாறி, மீண்டும் பழைய நிலைக்கே வரும் அற்புதத்தை புறஊதாவில் காணலாம் என்று கூறுகின்றனர்.

பன்னாட்டு புறஊதாக்கோள் ஒரு விண்மீன் வெடிப்பையும் கவனித்துள்ளது. சில விண்மீன்களின் இறுதிக்காலத்தை அது சித்தரிக்கின்றது. ஒரு அமெரிக்க வானிலை பார்வையாளர் கண்டு பிடித்த விண்மீன் வெடிப்பைத் தொடர்ந்து ஆராயக் இக்கோளைப் பணித்தனர். புவியிலிருந்து சுமார் 100 மில்லியன் ஒளி ஆண்டு களுக்கப்பால் மெஸ்ஸியர் (Messier) என்ற விண்மீன் திரளில் ஏற்பட்ட விண்மீன்வெடிப்பில் தோன்றிய புறஊதா கதிரியக்கம், புவி உள்ள விண்மீன் திரளில் விண்மீன்களுக்கிடையே படர்ந்த வளியால் ஈர்த்துக் கொள்ளப்படுவதையும் அறிந்தனர்.

இதர கோள்களும் (உஃரு, ஐன்ஸ்டீன், ரோசாட், எக்ஸோஸாட்) புற ஊதா கதிரியக்கத்தின் ஒரு பகுதியில் [(1–100 ஆங்ஸ்டிராம் (Angstrom) என்ற அளவில்] விண்வெளியை ஆராய்ந் துள்ளன. (பத்து பில்லியன் ஆங்ஸ்டிராம் ஒரு மீட்டருக்கு சமம்) இதர சில கோள்கள் (காபர்நிகஸ், பன்னாட்டு புறஊதாக்கோள்) 912–3000 ஆங்ஸ்டிராம் பகுதியில் விண்வெளியை ஆராய்ந்துள்ளன. இவற்றுக்கிடையே உள்ள பகுதியை, அதாவது 100–912 ஆங்ஸ் டிராம் அளவில், புற ஊதா மூலம் ஆராய இயலாது என அண்மைக்காலம்வரை கருதப்பட்டது. 'தீவிர' புற ஊதா என்று அழைக்கப்படும் இந்த அலைவரிசையில் 1991இல் ரோஸாட் என்ற ஜெர்மானிய கோளில் வைக்கப்பட்டிருந்த ஒரு உணர்வி முதன்முதலாக விண்வெளியை ஆராய்ந்தது. பிறகு, 1992இல் வான் முழுவதையும் இந்த அலைவரிசையில், (100–912 ஆங்ஸ்டிராம்) அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம் ஆராய்ந்தது.

பன்னாட்டு புற ஊதா கோள் அளித்த விவரங்களின்படி 1987A என்ற விண்மீன் வெடிப்பு புவியிலிருந்து 1,67,000 ஒளி ஆண்டுத் தொலைவில் உள்ளது. தொலைவில் இருந்த ஒளி விண்மீன்களிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்களை ஆய்ந்து, ஆதிமுதற்கண் தோன்றிய நீர்வளி, இலீயம் ஆகியவற்றைக் காட்டிலும் எடையுள்ள வேதிப் பொருள்கள் விண்ணகத்தில் எப்பொழுது எப்படி தோன்றின என்பதை அறிய முற்பட்டனர்.

ஒலிக்கும் விண்மீன்களிலிருந்து வரும் ஒளியைக் குறுக்கிடும் விண்மீன் திரள்கள் வழியாகவும், வளி முகில்களுக்குள் புகுந்தும் வரும்பொழுது, அங்குள்ள மூலகங்கள் ஈர்த்துவிடுகின்றன.

பன்னாட்டுப் புறஊதா கோள் ஒரு கருங்குழியிடம் ஒரு 'பெரிய உணவுத் தட்டு' உள்ளது என்றும் கண்டுள்ளது! 3C 390.3 என்ற விண்மீன் திரளில் உள்ள கருங்குழியைச்சுற்றிப் பெருகிவரும் 'வட்டத்தட்டு' கருங்குழியைவிட 1500 மடங்கு அகன்றுள்ளது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. பெரிய அளவில் விண்மீன்கள் கருங்குழியில் விழுங்கப்படுவதை ஒரு மாதத்திற்குப் பிறகே காண முடிந்தது; ஏனெனில் விண்மீனின் ஒளி குழியிலிருந்து அதைச் சுற்றியுள்ள 'உணவுத் தட்டின்' விளிம்பை எட்ட அவ்வளவு காலம் பிடித்தது.

27

காமா கதிர்களும் விண்கதிர்களும்

நாம் பார்க்கும் ஒளியைவிட மில்லியனுக்கும் அதிக ஆற்றல் (மில்லியன் ஓல்ட் மின்னழுத்த அலகு) உடைய ஒளியன்களை காமா (Gamma) கதிர்கள் என்று அழைக்கின்றனர். விண்ணகத்தில் மிக அதிக ஆற்றல் தோன்றும் முறையை காமாகதிர்கள் குறிப்பிடு கின்றன. விண்ணகத்திலிருந்து வரும் மிக ஆற்றல்கொண்ட இக்கதிர் களை, புவியின் காற்றுவெளி ஈர்த்துக் கொள்வது வியப்பாக உள்ளது.

சாதாரண காமிரா வில்லைகள் மூலம் காமா கதிர்கள் ஊடுருவிச் சென்றுவிடுவதால், அவைகளால் அக்கதிர்களைப் பதிவு செய்ய இயலாது. மேலும், காற்று வெளி இரண்டாம்தர காமா கதிர்களை உண்டாக்குகிறது. ஆகவே, காமா கதிர்களைக் காண, சோடியம் அல்லது சீசியம் ஐயோடைடு (Cesium Iodide), காட்மியம் டெல்லுரைடு (Cadmium Telluride) போன்ற படிகங்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். அவை காமா கதிர்களின் ஆற்றலை மின்னணுக்களாக மாற்றி, அவற்றை ஒளியாக நமக்குத் தோற்றுவிக் கின்றன.

இதர மின்காந்த அலைகளை உண்டாக்கும் முறைகளும், காமாக்கதிர்களை உண்டாக்கும் முறைகளும் பெரிதும் மாறு பட்டுள்ளன. வெப்பமில்லாத முறைகளில்தான் (வானொலியைப் போல்) அநேகமாக காமா கதிர்கள் தோன்றுகின்றன. இதர அலைவரிசைகள் (அகச்சிவப்பு, நாம் காணும் நிறங்கள், புற ஊதா, கதிர்கள்) அநேகமாக வெப்பமான முறைகளில் உருவாகின்றன.

1960 ஆண்டுகளின் நடுக்காலத்தில் காமா கதிர்கள் இருப்ப தற்கான திட்டவட்டமான குறியீடுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. கதிரவனை ஆராய்ந்த ஒரு அமெரிக்கக் கோள் காமா கதிர்களை புவி உள்ள பால்வழி விண்மீன் திரளில் கண்டுபிடித்தது. இதற்கு

முன்னர், சில ராணுவ உளவு பார்க்கும் கோள்கள் தற்செயலாக காமாகதிர்களைக் கண்டன.

1989இல் ரஷ்ய பிரஞ்சுக்கோள் (Granat) செலுத்தப்பட்டது. 1991இல் அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம், காம்டன் (Compton) காமாகதிர் பார்வைக்கூடத்தை விண்வெளியில் செலுத்திய பிறகே, அக்கதிர்கள் நாளொன்றுக்கு ஒன்று எனத் தோன்றும் ஒரு விண்வெளி நிகழ்ச்சியென அறிந்துகொண்டனர். 1997இல் இத்தாலிய-டச்சு (Italian-Dutch) பெப்போ சாக்ஸ் (BeppoSax) என்ற கோள் முதன்முதலாக காமா கதிர்வீச்சுடன் X கதிர்களையும் கண்டது. தரைமட்டத்தில் உள்ள தொலை நோக்கிகளின்மூலம் அவற்றைத் தொடர்ந்து கவனித்தனர். அந்த அசாதாரணமான ஆற்றல் பெருக்கு ஏழு பில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால் நிகழ்ந்தது என்று கருதினார்கள். கிடைத்த சான்றின்படி, புவியுள்ள பால்வழித் திரளிற்கப்பால் காமா கதிர்கள் தோன்றுவதாக நினைத்தார்கள்.

1997 டிசம்பர் 14ம் தேதியன்று வானியலார் கண்ட காமா கதிர்வீச்சு, சுமார் 12 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தோன்றிய தாகக் கணக்கிட்டனர். விண்ணகத்தை தோற்றுவித்ததாகக் கருதப் படும் பெரு வெடிப்பிற்குப் பிறகு இதுவே ஆற்றல் மிகுந்த வெடிப்பு என்றும், அக்கதிர்களைத் தோற்றுவித்த பொருளும் விண்ண கத்திலேயே மிக மிகத் தொலைவில் உள்ளது என்றும் பலர் கருதினர். மிக அதிக ஆற்றலைத் தோற்றுவிக்கும் விண்மீன் வெடிப்பைக் காட்டிலும் காமா கதிர்கள் வீசும் இடம் 100 மடங்கு அதிக ஆற்றலை கொண்டிருக்க வேண்டுமென்று கலிபோர்னிய தொழிற்நுட்ப நிறுவனத்தைச் சார்ந்த டாக்டர் ஸ்ரீனிவாஸ் ஆர் குல்கர்னி (Shrinivas R. Kulkarni) கூறியுள்ளார்.

இந்தியாவில் பதிவான கதிர்வீச்சு

1996இல் இந்திய விண்வெளி நிறுவனம் செலுத்திய ஏவுகணையை (ஏ.எஸ்.எல்.வி ASLV–D4) பல காமா கதிர்வீச்சுகளைக் கண்டு பிடித்தது. 1999 ஜூன் 23இல் உத்தரபிரதேசத்தில் உள்ள நைனிடால் வானியல் பார்வைக்கூடம் காமா கதிர்வீச்சின் ஒளியைக் கண்டது. இந்தியத் தொலைநோக்கி இக்கதிர்களைக் கண்டது இதுவே முதன் முறையாகும். காமாகதிர்கள் அவை தோன்றிய 12 மணி நேரத்திற்குப் பிறகு நைனிடாலில் காணப்பட்டன. காமா கதிர்வீச்சுக்குப்பிறகு, அவற்றைத் தொடர்ந்து, சில மணி நேரத்திற்கு X கதிர்களையும்,

சில நாட்களுக்கு கண்ணிற்குத் தென்படும் அலை களையும், சில வாரங்களுக்கு வானொலியையும் பதிவுசெய்வது இப்பொழுது ஒரு வழக்கமான பணியாகிவிட்டது.

சில வானியலார் காமா கதிர்கள் புவியுள்ள பால்வழி விண்மீன் திரளிலேயே உள்ள அல்லணு விண்மீன்களிலிருந்து வீசுகின்றன என்று கருதுகிறார்கள். ஆனால் வேறுசிலர் அக்கதிர்கள் தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்களிலிருந்து தோன்றுவதாக எண்ணுகிறார்கள்.

இங்கிலாந்தில் உள்ள கேம்பிரிட்ஜில் பணியாற்றும் உலகப் புகழ்பெற்ற பேராசிரியர் ஸ்டீபன் ஹாக்கிங் (Stephen Hawking), ஒரு கருங்குழி, காமாக்கதிர்களையும், X கதிர்களையும் வீச வேண்டும் என்று கூறியுள்ளார். அவர் கூறியபடி, 1968இல் முதன் முதலாக கண்டுபிடிக்கப்பட்ட காமா வெடிப்புகள், X கதிர்களோடு சேர்ந்து தோன்றின. இண்டகிரல் (Integral) என்ற ஐரோப்பிய கோள், விண்வெளியில் வெகுதொலைவில் மாதம் ஒருமுறை வெடிக்கும் காமா கதிர்களைக் காணத்திட்டம் உள்ளது.

காமாகதிர் புவியை சுட்டிக்காட்டும் ஒரு துருவ விளக்குபோல் விளங்குகிறது. சிலவிண்மீன் திரள்களில், உதாரணமாக காலக்ஸி 3C279 (Galaxy) 'வன்முறையான' நிகழ்ச்சிகளிலிருந்து காமாகதிர்கள் தோன்றுவதாகக் கருதுகிறார்கள். புவியிலுள்ள பால்வழி விண்மீன் திரளிலேயே ஒரு கருங்குழி உள்ளதா என்பதையும் இண்டகிரல் கோள் உறுதிப்படுத்தும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. மேலும், சிக்னஸ் X-1 (Cygnus X-1) என்ற விண்மீனையும் ஆராயக்கூடும். இது ஒரு அல்லணு விண்மீன்; அதன் உள்ளகம் ஒரு சிறிய கருங் குழியை உண்டாக்கும் என்று கருதப்படுகின்றது. நாம் அறிந்த கருங்குழி அமைப்புகள் எல்லாமே ஆற்றல்மிக்க காமா கதிர்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. விண்மீன் திரள்களுக்குள் இருக்கும் கருங் குழிகள் பல வானொலி அலைகளையும் அள்ளி வீசுகின்றன.

காமாகதிர்களால் மற்றொரு பயனும் உண்டு. விண்மீன் திரளின் வட்டத்தட்டை முழுவதும் ஊடுருவி வருவதால், நாம் காண முடியாத விண்மீன் வெடிப்புகளையும் காணலாம். ஏனென்றால், சாதாரணமாக, விண்மீன் வெடிப்புகளிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சு விண்வெளியில் உள்ள வளிகளாலும், தூசியாலும் மறைக்கப்பட்டுவிடும். நூற்றாண்டிற்கு 25 என்ற அளவில் புவியுள்ள விண்மீன் திரளில் விண்மீன் வெடிப்புகள் ஏற்படுகின்றன என்று மதிப்பிடப்படுகிறது.

காமா கதிர்களின் ஒரு அம்சம் மட்டும் புதிராகவே உள்ளது.

குறுகிய கால காமாகதிர் வெடிப்புகள் அடிக்கடி இங்குமங்குமாக வானமுழுவதிலும் தோன்றுகின்றன. அவற்றுடன் வேறு ஒரு அலைவரிசையும், நிகழ்ச்சியும் இணைக்கப்படவில்லை.

விண்கதிர்களின் புதிர்

கதிரவன் மண்டலத்திற்கு வெளியிலிருந்து புவிக்கு வந்து சேரும் வியப்பான பருப்பொருளின் கதிர்களை விண்கதிர்கள் என்று அழைக்கின்றனர். அவை தோன்றுமிடம் இன்னமும் புதிராகவே உள்ளது. விண்மீன்களிடையே அவை பல மில்லியன் ஆண்டுகள் அலைந்து, முடிவின்றித் தோன்றும் பயணத்தை மேற் கொண்டுள்ளன.

அல்லணுக்களும் அணுக்கருவும் கொண்ட பருப்பொருள் தான் விண்கதிர்களாக வருகின்றன என்று கூறுகின்றனர். விண் கதிர்கள் மின்னாற்றல் கொண்டுள்ளதால் விண்ணில் உள்ள மின்காந்த வயல்களால் கட்டுப்படுத்தப்படும். விண்கதிர்களில் உள்ள மின்னணுக்கள் குறைந்த பொருண்மையைப் பெற்றுள்ளதால், வலுவற்ற காந்த கதிர்வீச்சுக்களால்கூட தமது ஆற்றலை இழந்து விடுகின்றன. இதனால் புதியபருப் பொருட் துகள்கள் உருவாகின்றன. அடிப்படையாக, விண்கதிர்களில் 90 விழுக்காடு அதிக ஆற்றல் கொண்ட முன்னணுக்களும் (புரோட்டான்களும்) 9 விழுக்காடு ஈலியமும், 1 விழுக்காடு கனரகப் பொருள்களாகவும் (உதாரணமாக, கரி, உயிர்வளி, யுரேனியம்) கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. X கதிர், காமா கதிர் போலன்றி, விண்கதிர்கள் என்ற பெயர் சில துகள் களுக்குத்தான் பொருந்தும் என்று இல்லை. நிலைமாறும் துகள்கள் கலப்பதால், விண்கதிர்கள் தோன்றலாம் என்று கருதுகிறார்கள். விண் வெளியின் தூதுவர் என்று விண்கதிர்களை அழைக்கின்றனர். ஏனெனில், அவற்றை ஆராய்ந்தால், விண்ணகம் உருவான வரலாற்றை அறியலாம் என்று கருதுகின்றனர்.

புவியின் காற்றுவெளி விண்கதிர்களை ஈர்த்துக் கொண்டு விடும். ஆகவே, அவற்றைக் கண்டுபிடிக்க, ஆஸ்டிரியாவின் இயற்பியல் விஞ்ஞானி, விக்டர் ஹெஸ் (Victor Hess) என்பவர் (1883–1964) பலூன் ஒன்றில் 1912இல் பல கருவிகளை எடுத்து காற்றுவெளியில் மேலே சென்றார். உயரே செல்லச் செல்ல, பின்னணிக் கதிர் வீச்சு அதிகரிப்பதைக் கண்டார். 1938இல் பியர் அகுர் (Pierre Auger) என்ற விஞ்ஞானியின் தலைமையில் ஒரு குழு அதிக வலுவான, அடர்த்தியான விண்கதிர்கள் சில தருணங்களில்

காற்றுவெளியின் மேற்பகுதியை அடைகின்றன என்று கண்டது. முதலாவதாக வரும் கதிர்களைத் தொடர்ந்து இரண்டாம் கதிர்கள், நீர்க் குழாயிலிருந்து பரவலாக நீர் வெளியே பரவுவது போல, விண்ணில் பரவின. ஸ்வீடன் நாட்டு ஹான்ஸ் ஆல்ஃபென் (Hannes Alfen) புவி உள்ள விண்மீன் திரளின் காந்த வயல் விண் கதிர்களைக் கட்டுப்படுத்தலாம் என்று கூறினார். விண்ணொலித் தொலைநோக்கி இயங்கிய பிறகு புதிய கருத்துகள் வரத் துவங்கின.

விண்கதிர்களை மேலும் ஆராய்ந்ததில், அவை கதிரவனின் செயல்களால் திசை மாறுவது தெரிய வந்தது. கதிரவனின் 'காற்று' என்று அழைக்கப்படும் சீரான அருவிபோல் வரும் மின்துகள்கள், கதிரவனின் 'ஒளிமகுடத்தில்' தோன்றி, அலை அலையாகப் பயணம் செய்து புவியை நோக்கி செல்கின்றன. இக்கதிரவன் 'காற்று' விண் கதிர்களை திசை திருப்புகிறது. எப்பொழுதெல்லாம் கதிரவனின் கொந்தளிப்பு அதிகரிக்கின்றதோ, அப்பொழுதெல்லாம் புவியை வந்தடையும் விண்கதிர்கள் மிகவும் குறைந்துவிடுகிறது. கதிரவனும் சில இடங்களில் கொழுந்துவிட்டு எரியும்பொழுது, குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட துகள்களை வெளியேற்றுகின்றது. ஆனால் கதிரவனோ அல்லது அதுபோன்ற விண்மீனோ விண்கதிர்களை உற்பத்தி செய்ய இயலாது.

விண்கதிர்களில் நமது ஆர்வம் தொடர்வதற்குக் காரணம், அவற்றின் தோற்றமும், பயணத்தின்பொழுது அவை அடையும் வேகமும்தான். புவியுள்ள விண்மீன் திரளின் காந்த வயல்கள் குறுக்கிடுவதால், விண்கதிர்கள் வரும் திசையைச் சரிவர நிர்ணயிக்க இயலாது. இப்புதிருக்கான விடையை நிலாவிலிருந்து கொண்டு வரப்பட்ட மாதிரி மண்ணிலோ, அல்லது புவியில் அவ்வப்பொழுது விழும் விண்கற்களிலோ தேடுகின்றனர். விண்கற்களை ஆராய்ந்ததில், விண்கதிர்கள் தமது அழுத்தத்தை பல மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆனாலும் இழப்பதில்லை என்று கண்டனர்.

விண்கதிர்கள் எழுப்பும் வினாக்களுக்குப் பல விடைகள் தரப்படுகின்றன. சிலர் விண்கதிர்கள் வெடிக்கும் விண்மீன்களில் தோன்றுமென்றும், அங்கு மின்னழுத்தம் கொண்ட துகள்கள் காந்த வயல்களால் உந்தப்படுகின்றன என்றும் கூறுகின்றனர். வேறு சிலர் துடிக்கும் விண்மீன்கள், ஒலிக்கும் விண்மீன் திரள்கள், அல்லது விண்மீன் திரள்களின் மையம், அல்லது கொழுந்துவிட்டு எரியும் விண்மீன்கள் போன்றவை விண்கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கலாம் என்று கருதுகின்றனர். ஆனால், அதிக ஆற்றல் கொண்ட விண் கதிர்கள் புவியுள்ள விண்மீன் திரளிற்கு வெளியேதான்

தோன்றுகின்றன என்றும், குறைவான ஆற்றலுடைய விண்கதிர்கள் கதிரவனின் மண்டலத்திற்கு அருகில் தோன்றுகின்றன என்றும் விஞ்ஞானிகள் பொதுவாக ஒப்புக் கொண்டுள்ளனர்.

விண்கதிர்களின் ஆற்றல் நம்மை திகைக்க வைக்கின்றது. அவற்றின் ஆற்றல் 1—1,000 மில்லியன் அல்லணு ஓல்ட் (MeV) என்ற பரந்த அளவில் உள்ளன என்று கூறுகிறார்கள். இது உலகின் பரிசோதனைக்கூடங்களில் உள்ள அணுத் துகள்களை முடுக்கும் செயற்கை வளையங்களைவிட ஆயிரம் மில்லியன் மடங்கு அதிக ஆற்றலைப் பெற்றவை.

இந்தியாவின் டாடா (TATA) அடிப்படை ஆய்வு நிறுவனம் பல ஆண்டுகளாக விண்கதிர்கள் உட்பட வானியல் ஆராய்ச்சி களில் ஈடுபட்டுள்ளது. புவியின் காற்றுவெளியின் மேற்பகுதி வரை செல்லும் பலூன்களில் கருவிகளை வைத்து அனுப்பி வருகின்றனர். பலூன்களை ஹைதராபாதிலிருந்து செலுத்துகின்றனர். அங்கிருந்து தெற்கு வானத்தை எளிதாகக் கவனிக்க இயலுகின்றது. அந்த இடத்திற்கு மேல் உள்ள வலுவான காந்த வயல் மிகவும் வலுவான விண்கதிர்களையே (1,010 மில்லியன் ஓல்டிற்கு மேலான) காற்று வெளிக்குள் அனுமதிக்கிறது. வலு குறைந்த விண்கதிர்கள் காற்று வெளியால் வடிகட்டப்படுகின்றன. தேவையற்ற பின்னணி கதிர்வீச்சு குறைக்கப்படுகிறது. இந்தப் பலூன்கள் 84,900 கன மீட்டர் பரிமாணம் கொண்டவை. பூசணிக்காய் போன்ற வடிவத்திலும், வேறு பல வடிவங்களிலும் பலூன்கள் வலுவான பொருளால் செய்யப்படுகின்றன. விண்வெளியைப் பார்வையிட தொலை நோக்கிகளும், உணர்விகளும் பலூன்களில் வைக்கப்பட்டு, முகில்களுக்கு மேல் அனுப்பப்படுகின்றன.

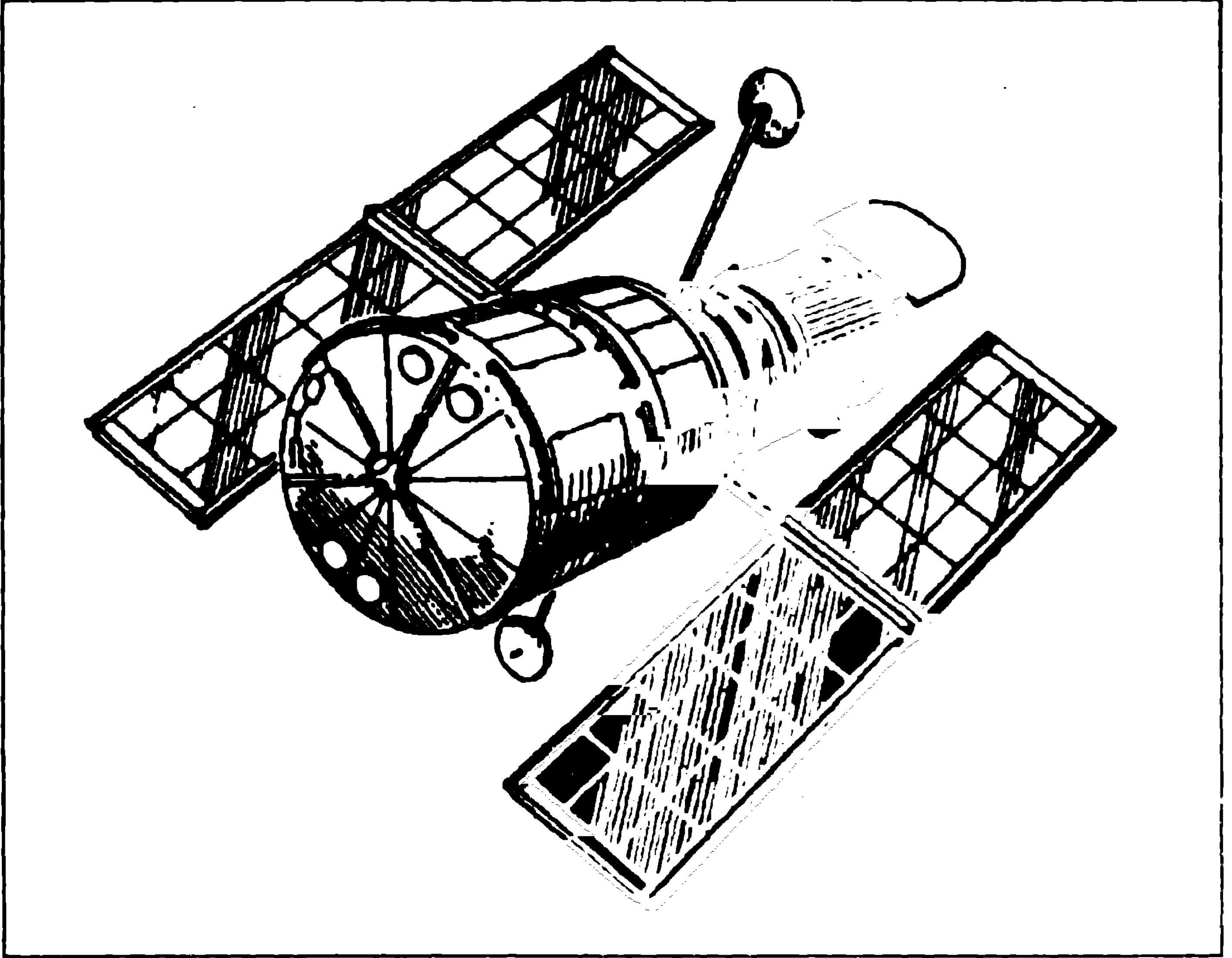
28

தேடும் தொலைநோக்கியும், ஓடும் விண்மீன் திரள்களும்

மின்காந்த நிறமாலையில் பல அலைவரிசைகளில் செயற்கைக் கோள்கள் வியக்கத்தக்க காட்சிகளைப் பதிவு செய்திருப்பினும், நம் கண்ணால் பார்க்கும் திறனை பெருமளவிற்கு அதிகரித்து, விண்வெளியில் நடைபெறும் அரிய காட்சிகளை காற்றுவெளி என்ற திரைக்கு மேல் சென்று காணும் வாய்ப்பு வரலாற்றிலேயே முதன்முறையாக அண்மையில் கிடைத்துள்ளது. இதற்கான தொலைநோக்கியை 1990இல் அமெரிக்கா செலுத்தியது. அதற்கு அந்நாட்டு வானியலார் எட்வின் ஹப்பிள் (Edwin Hubble) என்பவரின் (1889-1953) பெயரை சூட்டியுள்ளார் (படம் 63).

புவிக்கு அருகே சுற்றுமாறு இத்தொலைநோக்கியை அமைத்தனர். இயங்கிய இரு மாதங்களுக்குள், அதன் முதன்மைக் கண்ணாடி செவ்வனே செயல்படவில்லை என்று தெரியவந்தது. அக்கண்ணாடியின் வெளி விளிம்பில் 0.002 மில்லிமீட்டர் அளவில் ஒரு பிழையைக் கண்டனர். ஆகவே, மங்கலாகத்தான் படம் எடுக்க இயன்றது. கணிப்பான்களின் உதவியைக் கொண்டு படங்களை சற்று திருத்தினர்; இருப்பினும், வெகு தொலைவுவரை காண வேண்டுமென்ற நோக்கம் கைகூடவில்லை. மேலும், தொலை நோக்கியின் இரு கதிரவன் ஆற்றல் பலகைகளின் திறனில் சற்றுக்குறைபாடு இருந்தது. இருப்பினும், இதர தொலை நோக்கிகளைவிட மிக அதிகத் தெளிவை ஹப்பிள் அளித்தது. புவியின் காற்றுவெளிக்கு மேலே இயங்கியதால், தரைமட்டத்தி லிருந்து காண முடியாத புறஊதா அலைவரிசையில் ஹப்பிள் காண முடிந்தது.

முதன்மைக் கண்ணாடியில் சற்றுக் கோளாறு இருப்பினும், மிக மங்கலான பொருள்களைப் படம் பிடிக்கும் காமிரா விஞ்ஞான



படம் 63. 'ஹப்பிள்' தொலைநோக்கி, சுற்றுப்பாதையில் பலமுறை பழுது பார்க்கப்பட்டு, புதுப்பிக்கப்பட்டுள்ளது.

முறைப்படி பல காட்சிகளைப் படம்பிடித்தது. இக்காமிராவை அமைத்த ஐரோப்பிய விண்நிறுவனம் மூன்று சிறப்பான காட்சிகளை அறிவித்தது.

முதலாவதாக, 1987 A விண்மீன் வெடிப்பை உன்னிப்பாக கவனித்து, நமது கதிரவனின் மண்டலத்தைவிட 100 மடங்கு பெரிதான இந்த விண்மீனை, அதன் ஒளிமங்கிவரும்பொழுது கண்டது. நிறமாலை மானியில் அச்சம்பவத்தைப் பதிவு செய்ததில், வெடித்த விண்மீன் விரைவாகப் பரவிக்கொண்டுள்ளது என்று அறிந்தனர். நீர்வளி, ஈலியம் ஆகியவற்றைவிட அதிக கனமுள்ள வேதிப்பொருள்கள், விண்மீன் வெடிப்பில் விண்வெளியில் எறியப்பட்டு, உயிரினங்கள் தோன்றுவதற்கு வழி வகுக்கும்.

இரண்டாவதாக, ஆர். அக்குவாரி (R.Aquari) என்ற விண்மீன் பற்றிய சில புதிய விவரங்கள் தெரியவந்தன. சுமார் 600 ஆண்டு களுக்கு முன் அது வெடித்திருக்கக் கூடும். அதன்பிறகும் பல வெடிப்புகள் தோன்றியிருக்கலாம். அதன் பருப்பொருள், குறைந்தது 400 பில்லியன் கி.மீ. தொலைவிற்கு (அதாவது, கதிரவனுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவைவிட 2500 மடங்கு

அதிகமான தொலைவிற்கு) வீசி எறியப்பட்டது. இது அந்த விண் மீனுக்குள் பருப்பொருள் அடைந்த இடப்பெயற்சியைக் காட்டியது.

மூன்றாவதாக, விஞ்ஞானி ஐன்ஸ்டீன் (Einstein) கூறிய இயற்கையின் ஈர்ப்பு 'வில்லை'களில் ஒன்றை விவரமாகக் காண இயன்றது. எட்டு பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கப்பால் உள்ள ஒலிக்கும் விண்மீன் திரள் ஒன்றின் ஒளியை, 400 மில்லியன் ஒளி ஆண்டுக ளுக்கு அருகில் உள்ள விண்மீன்திரள் வளைத்துவிட்டது. ஒரு காமிராவின வில்லைபோல் இயங்கி, ஒளியை வளைத்த விண்மீன் திரளை ஐன்ஸ்டீன் சிலுவை என்றும் அழைக்கின்றனர். ஈர்ப்பு விசை பற்றிய அந்தப்பிரபல விஞ்ஞானியின் கருத்து மீண்டும் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. மேலும், கதிரவன் மண்டலத்தின் மிகத் தொலைவில் உள்ள புளூடோ (Pluto) கோளையும், அது கதிரவனைச் சுற்றிவரும் 249 ஆண்டுப் பயணத்தில் புவிக்கு மிக அருகில் இருக்கும் பொழுது கவனித்தது. எந்த செயற்கைக்கோளும் இதுவரை அக்கோளைச் சுற்றியதில்லை. அதன் துணைக்கோள், சாரான் (Charon) ஒரு புதிராகவே உள்ளது.

பழுதுபார்க்கும் பணி

1993இல் ஹப்பிள் தொலைநோக்கியைப் பழுதுபார்க்கும் பணி ஒரு 'ஷட்டில்' பயணத்தில் மேற்கொண்டனர். அவர்களது முயற்சி முழுவெற்றி அளித்தது.

1999இல் அத்தகைய மற்றொரு பயணத்திலும் வெற்றி கண்டனர். விண்வெளி வீரர்கள் விண்ணில் சென்று, தொலை நோக்கியின் நிலைப்பை நீடிக்கும் சுழல் அச்சை மாற்றி, ஒரு துல்லியமாக வழிகாட்டும் உணர்வியைப் பொருத்தினர். ஒரு அலை பரப்பி, ஒரு பதிவுசெய்யும் கருவி, ஒரு புதிய கணிப்பொறி, மின்கலனை சேமிக்கும் கருவிப்பெட்டி போன்றவற்றையும் பொருத்தினர்.

ஹப்பிளுக்கு முன், விண்ணகம்தோன்றிய காலத்தின் இறுதிக் கட்டத்தையே நம்மால் 'பார்க்க' இயன்றது. ஆனால் இன்று, விண்ணகம் இளம்வயதில் இருந்ததை—அதாவது இன்றைய வயதில் பத்தில் ஒரு பங்கை அது அடைந்த காலத்தில்—காண இயலும். மிகத் தொலைவில் மிகப் பழமையான விண்ணகம் உள்ளது என்று நம்புகின்றனர்.

பழுதுபார்க்கப்பட்ட ஹப்பிள் கருங்குழிகள் இருப்பதற்கான மறைமுக சான்றுகளைக் கண்டது. அதன்படி M31, M32 என்ற

அன்றோமேடா விண்மீன் திரள்களிலும், லிப்ரா என்ற விண்மீன் கூட்டத்தில் NGC 5728 என்ற விண்மீன் திரளிலும் கருங்குழிகள் இருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. ஒரு கருங்குழியின் சூழ்நிலை எப்படி இருக்கும் என்று கணக்கிட்டு விஞ்ஞானிகள் அறிவித்த கூற்றை, ஹப்பிள் துல்லியமாக உறுதிப்படுத்திற்று. விர்கோ (Virgo) விண்மீன் கூட்டத்தில் NGC 4261 என்ற விண்மீன் திரளின் மையத்தைச் சுற்றி ஒரு வட்டத்தகடுபோல் வெப்ப வளி சூழலு வதையும், இது திறன்வாய்ந்த துகள் வீச்சுகளுக்கு ஆற்றலை அளித்து வருவதையும் கண்டது.

ஐம்பது மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கு அப்பால், M87 என்ற மாபெரும் நீள்வட்ட விண்மீன் திரளில்,ஒரு கருங்குழி இருப்ப தற்கான சான்றைக் கண்டதாகச் சில வானியலார்கள் அறிவித் துள்ளனர். 1994இல் M87 திரளைச் சுற்றும் வெப்பவளி ‘வட்டத் தகட்டை’ ஹப்பிள் கண்டுபிடித்தது. அத்திரளின் மையம் அதிக திசை வேகத்தில் தனது பருப்பொருளை வெளியேற்றிவருகிறது. ஆகவே, ஒரு கருங்குழியிலிருந்து இப்பொருள் எறியப்படுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

அறுபது ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால் உள்ள மற்றொரு விண்மீன் திரளின் (NGC 1068) பதிவுப் படத்தையும் ஹப்பிள் எடுத்துள்ளது. இதை சிபெர்ட் 2 (Seyfert Type2) என்ற விண்மீன் திரளின் முன்மாதிரி எனக் கருதுகின்றனர். NGC 1068 ஒரு மில்லியன் கதிரவன்களின் ஒளியுடன் விளங்குவதாகவும், இருப்பினும் சில நாட்களில் அந்த ஒளியின் ஆற்றல் ஏறி இறங்குவதையும் கண்டுள்ளனர். இதனால் அந்த ஒளி தோன்றும் இடத்தின் குறுக்களவு ஒரு சில ஒளிஆண்டுகளாகத்தான் இருக்கும் என்று கருதப்படுகிறது. அது ஒரு பெரிய கருங்குழியாகவும் இருக்கலாம்.

மங்கலான பொருள்களைப் படம்பிடிக்கும் காமிரா பதிவு செய்த படங்களில் ஒன்று, ஒரு விண்மீனிலிருந்து வேகமாக சுழன்று செல்லும் வளிக்குமிழிகளைக் காண்பித்தது. அந்த வளி 1992 பிப்ரவரி 12ம் தேதி வெடித்த ஒரு விண்மீனைச் சுற்றிக் கொண்டது.

வன்முறைக் காட்சிகள்

‘ஹப்பிள்’ விண்வெளியில் வன்முறைக் காட்சிகளை காண்பித் துள்ளது! எந்தத் திரைப்படமும் அந்த அளவிற்கு அத்தகைய காட்சிகளைக் காட்ட முடியாது. விண்மீன் திரள்கள் ஒன்றோடு ஒன்று மோதிக்கொள்வதாலும், சேருவதாலும், விண்மீன்கள்

அடிக்கடி தோன்ற வழி பிறக்கின்றது. பெர்சேயூஸ் (Perseus) விண்மீன் கூட்டத்தில் NGC 1275 என்ற பெரிய விண்மீன் திரளில் தற்சமயம் அத்தகைய காட்சிகளைக் காணலாம்.

நான்கு பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தனித்தனியாக இருந்த விண்மீன்திரள்களின் அமைப்பை ஹப்பிள் காட்டியுள்ளது. வெகுதொலைவில் உள்ள இடங்களையும் கவனித்துள்ளது. ஒளி அங்கிருந்து வர 10 பில்லியன் ஆண்டுகள் ஆயின. விவரமாய் விண்காட்சிகளை நோக்குவதில் இன்று ஆயிரம் மடங்கு அதிகத் தெளிவு தோன்றியுள்ளது ஒரு சிறப்பான முன்னேற்றமாகும். உதாரணமாக, சுழன்று இயங்கும் விண்மீன் திரள், M100 பல மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்கப்பால் இருந்தாலும், அதன் சிறப்பான விவரங்களை விவரமாய் ஆராயலாம். இது நாம் உள்ள விண்மீன் திரள் உருவாகிய முறையைப் பற்றி அறிவிக்கும். M100 விண்மீன் திரளின் படத்தை, ஹப்பிளுக்கும் முன்பு எடுக்கப்பட்ட படத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், கண்கவர் வேறுபாடுகள் தென்படுகின்றன.

'ஹப்பிள் மாறிலி'

ஹப்பிள்மூலமாக விண்வெளியை நோக்குவதின் அடிப்படை நோக்கம், விண்ணகம் விரிந்து செல்லும் வேகத்தைக் கணக்கிடுவதே. எட்வின் ஹப்பிள் கூறியபடி, விண்மீன்திரள்கள் நம்மை விட்டு ஓடும் வேகம், பார்வையாளர்களிலிருந்து அவை உள்ள தொலைவைப் பொருத்து, நேரடியான ஒரு விகிதத்தில் உள்ளது. அதாவது, அதிகத் தொலைவில் இருந்தால், விண்திரளின் வேகமும் அதிகரிக்கும். நம்மைவிட்டுப் பின்னடையும் திசை வேகத்தின் மாறாத விகிதத்தை ஹப்பிள் மாறிலி என்று அழைத்தனர். இதைக் கணக்கிட விண்மீன் திரள்களின் இயல்புத் தொலைவை, அவற்றின் பின்னடையும் திசை வேகத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கின்றனர். விண்ணில் தொலைவை நம்பக்கூடிய வகையில் கணக்கிட இது ஒரு தரமான அடிக்கோல் (மெழுகு வர்த்தி என்றும் கூறுகின்றனர்). விண்மீன் திரள்களின் தொலைவை துல்லியமாக அறிந்து கொண்டு விட்டால், அவற்றின் வயது, அளவு, விரிவாகும் வீதம் ஆகியவற்றை குறிப்பிட்டுவிடலாம். அதன்படி, ஒரு விண்மீன்திரள் மங்கலாகவும், அதிக தொலைவிலும் இருந்தால், அவற்றின் அலைவரிசைகள் சிவப்பை நோக்கி நகரும்.

எட்வின் ஹப்பிள் துவக்கத்தில் கூறிய அளவுப்படி,

விண்ணகம் விரிவாக்கப்பட்டு, அதன் பின்னோக்கிச் செல்லும் வேகமும் ஒவ்வொரு மெகா வினாடியில் வினாடிக்கு 550 கி.மீ. வீதம் அதிகரிக்கின்றது. ஒரு 'மெகா' வினாடி என்பது 3.26 மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளைக் குறிக்கின்றது. இந்த வேகத்தை 'ஹப்பிள் மாறிலி' என்றும் அழைத்தனர். எட்வின் ஹப்பிளுக்குப் பிறகு போடப்பட்ட கணக்குப்படி, விண்வெளியில் கண்ட காட்சிகளை ஆராய்ந்து, 'ஹப்பிள் மாறிலி' (ஒரு மெகா வினாடியில்) வினாடிக்கு சுமார் 50 கி.மீ. ஆகக்குறைக்கப்பட்டது.

ஹப்பிள் தொலைநோக்கி எட்டு ஆண்டுகளில் மிகத் தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்கள் எவ்வளவு தள்ளிச் சென்றுள்ளன என்பதை ஆராய்ந்து கூறியுள்ளது. விண்வெளித் திரள்களின் ஒளியைப் பொருத்து, அவை எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளன என்பதைத் துல்லியமாக அளவிட்டனர். இந்த மதிப் பீட்டின்படி, 'ஹப்பிள்' மாறிலி, வினாடிக்கு சுமார் 70. கி.மீ. என்று இப்பொழுது கூறப்படுகின்றது.

ஏப்ரல் 2000இல் ஹப்பிள் தொலைநோக்கியின் பத்தாவது 'பிறந்த' நாள் கொண்டாடப்பட்டது. அதற்குள் அத்தொலைநோக்கி 13,670 விண்பொருட்களை ஆராய்ந்தது. இப்பணிக்காக, 2,71,000 முறை விண்பொருட்களைத் தனித்தனியாகப் பார்வையிட்டது.

2002இல் அமெரிக்க விண்வெளி வீரர்கள், ஹப்பிள் கோளின் கதிரவன் ஆற்றல் பலகைகளை மாற்றி, அதிக மின் ஆற்றல்தரும் பகுதியையும், புதிய உணர்விகளையும் பொருத்தி, தொலைநோக் கிற்குப் புத்துயிரளித்தனர்.

29

இரவில் இருட்டு ஏன்?

ஆயிரக்கணக்கான விண்மீன்கள் இருப்பினும். நிலாவில்லையேல் இரவில் வானம் ஏன் இருட்டாக உள்ளது? இது வெகுகாலமாக கேட்கப்படும் ஒரு கேள்வி. பல விடைகள் அவ்வப்பொழுது அளிக்கப்பட்டு வந்தாலும், இந்த வினாவிற்கு இறுதியான பதில் இன்னமும் தோன்றவில்லை. பல வானியலார்கள் இருட்டிலிருந்து விண்ணகத்தைப் பற்றிய புதிய ஒளியைத் தேடுகின்றனர்.

கதிரவன் மறைந்தால், புவியில் ஒரு பகுதியில் இருள் சூழ்கின்றது; ஆனால் விண்வெளி இருண்டே காணப்படுகிறது. நீலவானம் புவியில் உள்ளவர் பார்த்து மகிழும் வண்ணம் தோன்று கிறது! காற்றுவெளியின் தூசியும், துகள்களும், கதிரவனின் ஒளியில் உள்ள நீலநிற அலைகளைப் பரப்பி, வானத்தை நீலநிறமாகக் காட்டுகின்றன.

இரவிற்குக் காரணங்கள் பல கூறப்பட்டு வருகின்றன. விண்மீன்களின் ஒளியை அவற்றுக்கிடையே உள்ள விண்வெளி ஈர்த்துக் கொள்கிறது; பல விண்மீன்கள் மறைந்து உள்ளன; விண் மீன்களும் கதிரவனும் இளைய வயதில் உள்ளதால் அதிக ஆற்றல் இல்லாமல் இருக்கின்றன; விண்ணகம் விரிந்து செல்வதால் ஒளியைக் குறைத்து விடுகிறது, என்ற பல விளக்கங்கள் அளிக்கப் படுகின்றன.

ஆனால், இதுவரை கண்டிராத கரும் பருப்பொருள் விண்ண கத்தில் உண்டு என்ற கருத்தை ஏற்றுக்கொண்டால், இந்தப் புதிருக்கு விடை காணலாம்.

நம்மிடமிருந்து வெகுதொலைவில் உள்ள பழமையான 'குவேசார்கள்' (விண்மீன் போன்று ஒளியையும், ஒலியையும் அளிக்கும் மண்டலங்கள்) விண்ணகம் மிகவும் ஒளிபடைத்ததாய் தனது சிறு வயதில் விளங்கியது என்பதைக் காட்டுகின்றன. பல

ஊழிகளுக்குப்பிறகு, அந்த ஒளி குறைந்து இப்பொழுது மங்கலாகி உள்ளது. ஆகவே இரவில் வானத்தை ஒளிமயமாக்க, போதிய ஒளி ஊற்றுகள் இல்லை.

விண்ணக விரிவின் வேகத்தை, ஈர்ப்புவிசை குறைக்கின்றது என்று ஏற்றுக்கொண்டால், இன்று நமக்குப் புலப்படும் பருப் பொருள், விரிவை வெகுவாகக் குறைக்க போதாது. இன்று உள்ளதை விட 100 மடங்கு அதிகமாக ஏதோ ஒரு பொருள் இருந்தால்தான், விண்ணக விரிவு குறையும் என்று சுட்டிக் காட்டுகிறார்கள்.

1979இல் அமெரிக்க விஞ்ஞானி அலான் குத் (Alan Guth) என்பவர் ஒரு புதிய கருத்தைக் கூறினார். மிகச் சிறிய 'விதை' யிலிருந்து பெருவெடிப்பாக விண்ணகம் தோன்றிய சில நொடி களுக்குள்ளேயே, ஊதப்பட்ட பலூன்போல் விண்ணகம் பெரிதாக வளர்ந்துவிட்டது என்றார். இப்படி நடந்திருக்குமேயானால், விண்ணகத்தில் இன்றைய மதிப்பீட்டைவிட அதிகமான அளவில் பருப்பொருள் தென்பட வேண்டும் என்று கணக்கிடப் பட்டது.

நாம் இப்பொழுது பார்க்கும் இயல் தோற்றத்தை நான்கு அடிப்படை விசைகள் என விவரிக்கலாம்: ஈர்ப்புவிசை, மின்காந்த விசை; வலுவானவிசை (இது அணுவின் கருமூலத்தை ஒன்றாகப் பிடித்துக் கொண்டுள்ளது); வலுவற்ற விசை (இது கதிரியக்கச் சிதைவில் சில அணுக்களை சீர்குலையச் செய்கிறது). விண்ணகத் தின் 'வீக்கம்' வலுவான விசையும், வலுவற்ற விசையும் இன்றுள்ளது போல் பிரிந்ததால் ஏற்பட்டது என்றும் விவரிக்கின்றனர். இதன்படி, விண்ணகத்தின் பருப்பொருள்களில் 99 விழுக்காடு நம்மால் காண இயலாதது என்று ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும். அலான் குத் விவரித்த எண்ணங்கள் காணாமல் இருக்கும் பருப்பொருளைத் தேடும் முயற்சியைத் தீவரப்படுத்தி யுள்ளது.

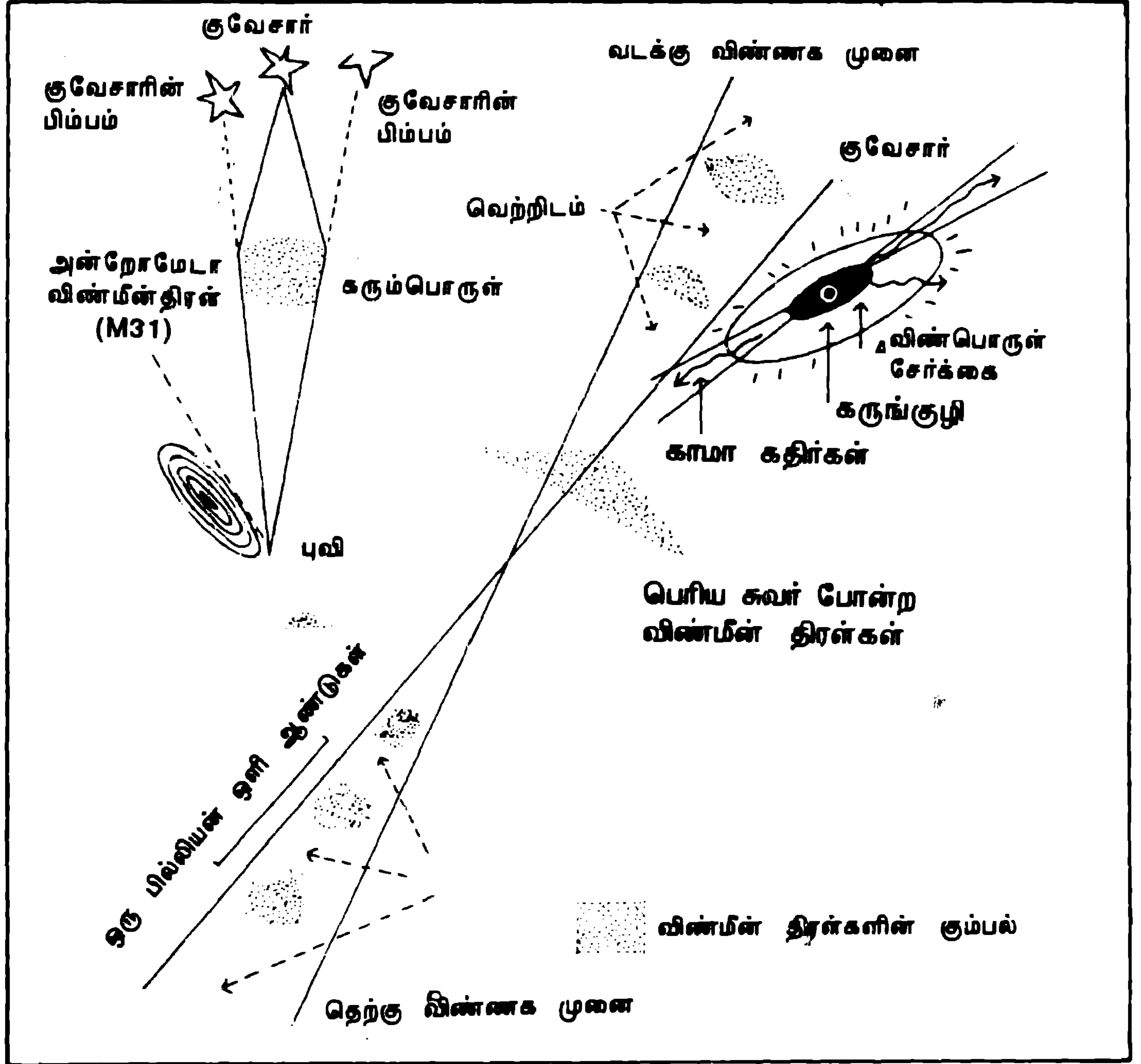
1980ஆண்டுகளில் வானியல் வல்லுநரின் மிக வியப்பான கருத்து, விண்ணகத்தில் 90 விழுக்காடு கரும் பருப்பொருளாகவே உள்ளது என்பதே. ஒளி மிகுந்தவிண்மீன்களும், விண்மீன்மண்டலங் களும் விண்ணகத்தில் உள்ள ஒளியில் ஒரு விழுக்காடுதான் அளிக் கின்றன என்று மதிப்பிட்டுள்ளனர். விண்மீன்களை அவற்றின் இடங்களில் தங்கவைக்கும் ஈர்ப்பு விசையில், மூன்றில் ஒரு பங்கைத் தான் விண்மீன்களே அளிக்கின்றன. ஆகவே, விண்மீன்களின் போக்கைப் புரிந்துகொள்ள, ஜான் ஊர்ட் (Jan Oort) என்ற ஹாலந்து நாட்டு வானியல் வல்லுநர் கூறியபடி, விண்வெளியின் பெரும்பாலான இடங்களில் கரும்பொருள் உள்ளது என நினைக்கத் தோன்றுகிறது.

ஆயிரக்கணக்கான விண்மீன் மண்டலங்களை ஆராய்ந்த ஐ.ஆர்.ஏ.எஸ் என்ற அகச்சிவப்புக் கோள், விண்ணகத்தின் பின்னணிக் கதிர்வீச்சு சீராக இருப்பதாக அறிவித்தது. 1990இல் செலுத்தப்பட்ட மற்றொரு கோள், இக்கதிர்வீச்சு எல்லா திசைகளிலும் ஒரே மாதிரி, ஒரே அளவில் இருப்பதை அறிவித்தது. துவக்கக் காலத்தில் இருந்த விண்ணகத்தின் பருப் பொருள் ஏற்றத்தாழ்வின்றி சமமாக இருந்தது என்பதை உறுதிப்படுத்தியது. ஆனால் இதற்கு மாறாக, விண்மீன் திரள்கள் சீராகவே இல்லாமல் இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தனர். சமீப காலத்தில்தான், 500 மில்லியன் ஒளி ஆண்டுகளுக்குப் பரவியுள்ள விண்மண்டல 'பெருஞ்சுவர்' கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த விண்மீன் மண்டலக் கொத்து களுக்கிடையே வெகுதூரத்திற்கு ஒன்றுமே இல்லாத 'குழிகள்' இருப்பதாகவும் தெரிய வந்துள்ளன. விண்ண கத்தில் காணும் பொருட்களிடையே தொலைவு மிக அதிகம். (அட்டவணையைக் காண்க) அவற்றைக் கற்பனை செய்து கொண்டாலே தலைசுற்றும்! இத்துணை வேறுபாடுகள் கொண்ட ஒரு அமைப்பை விவரிப்பது ஒரு அரிய சவால் (படம் 64).

அட்டவணை

விண்ணகத்தில் தொலைவுகள்

பொருள்	ஒளி ஆண்டுகளில் தொலைவு
சிரியஸ் (Sirius)	10
பெரிய டிப்பர் (Big Dipper)	100
பிளியார்ட்ஸ் (Pleiades)	1000
குளோபுலர் கூட்டம் (Globular Cluster)	10000
அகண்ட மெகலானிக் முகில் (Large Magellanic Cloud)	100,000
அன்றோமேடா விண்மீன் திரள் (Andromeda Galaxy)	1000,000
விர்ல்பூல் விண்மீன் திரள் (Whirlpool Galaxy)	10 Million
விர்கோ கூட்டம் (Virgo Cluster)	100 Million
விண்மீன் திரள்களின் பெரிய சுவர் (Great Wall of Galaxies)	500 million
சிக்நெஸ் ஏ (Cygnus A)	1 Billion
(4C41.17) மிகத் தொலைவில் உள்ள ஒலிக்கும் விண்மீன்திரள்	10 billion
மிகத் தொலைவில் (10 பில்லியனுக்கும் அப்பால்) உள்ள 'குவேசார்கள்' (Quasars)	



படம் 64. எல்லையில்லா விண்ணகமோ? எதுவும் இல்லை என்று தோன்றும் வெற்றிடமோ? இவற்றைத் தேடும் பணியில், ஓடும் விண்மீன் திரள்களும், வெற்றிடம் போன்ற பரந்த இடைவெளிகளும் பல கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும், விண்வெளியில் காணப்படாத கரும்பொருளைத் தேடும் பணி தொடர்கின்றது.

சில வானியலார்கள் நாம் பார்க்கும் விண்மீன் திரள்கள், மிதக்கும் பனிப்பாறையின் வெளி விளிம்புபோல, விண்ணகத்தின் ஒரு சிறிய பகுதியே என்று கூறுகின்றனர். நாம் காணும் பகுதி; மறைந்துள்ள சீரமைப்பையும், பருப்பொருள்கள் பரவியுள்ளதையும் காட்டுவதில்லை போலும்!

விண்ணகத்தின் பின்னணிக் கதிர்வீச்சில் சற்று வேறுபாடு களை அண்மையில் கண்டுள்ளனர். அவை விண்ணகத்தின் அடர்த்தியில் தோன்றிய வேறுபாடுகள் என்று கருதுகின்றனர். புவியும் கதிரவனின் மண்டலமும், பால்வழியின் நடுவே வினாடிக்கு 230கி.மீ. வேகத்தில் சென்றுகொண்டு இருப்பதை உணர்ந்திருக் கின்றனர். ஆனால், பால்வழியும், விர்கோ திரளும் (Virgo Cluster),

ஹைட்ரா சென்டாரஸ் (Hydro Centauras) என்ற விண்மீன் திரள்களும் எல்லாம் ஒரே சீராக வினாடிக்கு 600 கி.மீ.வேகத்தில் சென்று கொண்டுள்ளன. இந்த வேக வேறுபாடுகளினால் பின்னணிக் கதிர்வீச்சில் மாற்றம் இருக்கலாம் என்று கருதுகின்றனர். இந்த மாற்றத்திற்குக் காரணம் ஏதோ கரும் பொருளால் விண்திரள்கள் ஈர்க்கப்படலாம் என்றும் எண்ணுகிறார்கள். இந்த மறைந்து இயங்கும் பருப்பொருள் நம்மால் காண இயலாத சிறிய அளவில் ஆற்றலைக் கொண்ட துணை அணுத்துகள்களாகவும் இருக்கலாம்; நாளடைவில் விண்மீன் திரளாக உருவாகலாம்.

புவி உள்ள விண்மீன் திரளின் (பால்வழி) தோற்றம் ஒரு சிக்கலான புதிர்! சுமார் 200,000 மில்லியன் விண்மீன்களும் (கதிரவன் இவற்றில் ஒன்றாகும்), வளியும், தூசியும் கொண்ட ஒரு வட்டவடிவத் தட்டுபோல் பால்வழி தோன்றுகிறது. அதன் குறுக்களவு ஒரு லட்சம் (இந்த எண் நம் நாட்டு அளவுகளில் ஒன்று என்பது குறிப்பிடத்தக்கது) ஒளி ஆண்டுகள்; கதிரவன் பால் வழியின் மையத்திலிருந்து வெகுதொலைவில்தள்ளி செயல்படுகின்றது. 'நமது' கதிரவனின் மண்டலம் (புவிஉட்பட) விண்மீன் திரளின் சுருள்போன்று வளைந்துள்ள 'கை' ஒன்றில் உள்ளது. இது விண்மீன் திரளிலிருந்து சுமார் 27,000 ஒளி ஆண்டுகள் தள்ளி இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். இந்த அமைப்பு முழுவதுமே 200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை சுற்றுகிறது. இந்த விண்மீன் திரளைச் சுற்றி உருண்டை வடிவத்திரள்கள் ஒரு ஒளிவட்டமாய் திகழ்கின்றன; அவற்றின் ஆரம் சுமார் 200,000 ஒளி ஆண்டுகள் எனக் கணக்கிட்டுள்ளனர். பெரும்பாலான விண்மீன்களைவிட அவை பழைய அமைப்புகளாகத் தென்படுகின்றன. விண்மீன்களும், அங்குள்ள வளி முகில்களும் செல்லும் சுற்று வழிகளைக்கொண்டு, ஒவ்வொரு விண்திரளின் ஒளிவட்டத்திலும், அத்திரளின் பருப்பொருள் 90 விழுக்காடு மறைந்திருக்கலாம் என்றும் வானியலார்கள் கருதுகின்றனர்.

பால்வழியின் வடிவு

கி.பி இரண்டாம் நூற்றாண்டின் கிரேக்க வானியலார் ஹிப்பார்கஸ் (Hipparcus) ஆயிரத்திற்கும் மேற்பட்ட விண்மீன்கள் உள்ள இடங்களையும், அவற்றின் ஒளிர்வையும் அளவிட்டார். 1989இல் ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம் ஹிப்பார்கஸ் என்ற பெயரில் ஒரு கோளைச் செலுத்தியது. 1993இல் அப்பணி முடிவுற்றபொழுது,

ஒரு மில்லியனுக்கும் அதிகமான விண்மீன்கள் இருக்கும் இடங்களைச் சரிவர நிர்ணயித்தது. அவற்றில் 120,000 விண்மீன்களின் இயங்கும் இடங்கள், நிலத்திலிருந்து அளந்து அறிவதைவிட, பத்து மடங்கு துல்லியமான அளவிற்கு நிர்ணயிக்கப்பட்டன. ஹிப்பார்கஸ் நோக்கிய பால்வழி (இரவில் வானத்தில் இலேசாகத் தோன்றும் படர்ந்த ஒளிப்பட்டை) கதிரவனுட்பட பல விண்மீன்கள் கொண்ட தட்டையான வட்டத்தகடு போல் காட்சி அளிக்கின்றது என்றும், ஆனால் அது சற்றே வளைந்துள்ளது என்றும் கண்டுபிடித்தனர். மிகத் தொலைவில் உள்ள விண்மீன்கள் 'வட்டத் தகட்டை' வளைத்திருக்கலாம். அதற்குக் காரணம் என்ன என்பதை அறிந்தால், ஈர்ப்புவிசைபற்றி மேலும் சற்று அறியலாம். இதற்கிடையில், அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம் 2004இல் வானியல் அளவிற்கென ஒரு கோளை செலுத்த உள்ளது. அது ஹிப்பார்கஸ் கோளைவிட பத்துமடங்கு விண் வெளியில் 'ஆழமாகச்' சென்று 40 மில்லியன் விண்மீன்களின் அளவுப்படங்களை அளிக்கவுள்ளது. அவற்றில் வளர்ந்தும் தேய்ந்தும் தோன்றும் சிபெட்ஸ் (Cepheids) என்ற விண்மீன்களும் உள்ளன. அவை விண்மீன் திரள்களிடையே உள்ள தொலைவுகளை அளக்க உதவும். இந்த ஆய்வு கரும்பருப்பொருள் எந்த விகிதத்தில் விண்ணகத்தில் உள்ளது என அறியவும் உதவும்.

நாமிருக்கும் பால்வழி விண்மீன்திரள் அன்றோமேடா விண்மீன் மண்டலத்துடன் இணையக்கூடும் என்று கருதப்படுகிறது. இணையும் இப்புதிய 'சூப்பர்' விண்மீன் மண்டலத்தின் பருப்பொருளில் 95 விழுக்காடு மறைந்துள்ளது என்று கூறுகின்றனர். அடிப்படை அணுத் துகள்களாகவோ அல்லது குட்டையான விண்மீன்களாகவோ மறைந்தபொருள் அந்தத் திரளில் இருக்கலாம்.

காந்தவில்லை

வெகு தொலைவிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளியை, விண்ணில் உள்ள கரும்பொருள் ஒரு காமிராவின் வில்லைபோல் இயங்கி, வளைக்கும் என்றும், அவை கரும்பருப்பொருள் பற்றிய புதிருக்கு விடை அளிக்கும் என்றும் சில விஞ்ஞானிகள் நம்புகின்றனர். 1993இல் மூன்று வானியலார்கள் கொண்ட குழுக்கள் ஒரு விண் காட்சியைத் தனித்தனியாகக் கவனித்தன, அக்காட்சி தோன்றுமென மேதை ஐன்ஸ்டீன் முன்பே அறிவித்திருந்தார். அந்த அடிப்படையில், பிரின்ஸ்டன் (Princeton) பல்கலைக் கழகத்தின் டாக்டர்

பி. பாசின்ஸ்கி (B.Paczynski) என்ற வானியல் இயற்பியல் வல்லுநர், ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். அதன்படி, தொலைவில் உள்ள விண்மீன் ஒன்றைப் பார்க்கும் நேர்கோட்டை, கண்ணிற்குப் புலப் படாத ஒரு பொருள் கடந்து சென்றால், அப்பொருளைச் சுற்றியுள்ள இடம் ஒருவிதமான பூதக்கண்ணாடிபோல் மாறிவிடு கிறது. ஆகவே, விண்மீனின் ஒளி அதிகரிப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. பார்க்காத பொருளின் ஈர்ப்பு விசை பார்க்கும் ஒளிக்கோட்டைத் திருப்புவதால், விண்மீன் மேலும் ஒளியுடன் காணப்படுகிறது. கரும் பருப்பொருள் குறைந்த ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தால், அதை நாம் எளிதில் உணர இயலாது. கதிரவனைவிட ஆற்றல் குறைந்த ஒளிப் பிழம்புகளாகவோ, அல்லது தாமாக ஒளிதர முடியாத கோள்களாகவோ கரும்பொருள் இருக்கலாம் என்றும் கருதப்படுகின்றது.

கரும் பருப்பொருள் வெப்பமாக இல்லாமல், குளிர் பொரு ளாகவும் இருக்கலாம். காந்த வயல்களில் சில அணுத்துகள்கள் இருக்கலாம் என்றும், அவை மைக்ரோ அலைகளைப்போல் ஒளியன்களாக மாறலாம் என்றும் கருதப்படுகின்றது. அத்தகைய அணுத்துகள்கள் இருந்தால், அவற்றைக் கண்டுபிடிக்க அமெரிக்கா வில் உள்ள லாரென்ஸ் லிவர்மோர் (Lawrence Livermore) என்ற தேசியப் பரிசோதனைக் கூடம் உத்தேசித்துள்ளது.

கரும் பருப்பொருளில் உள்ள அடிப்படை பொருள் என்ன என்பதையும், அது எப்படி விண்ணகத்தில் பரவியுள்ளது என்பதையும் அறிய பல பரிசோதனைகள் விண்வெளியிலும், அணுவிசை ஆய்வு நிலையங்களிலும் தொடர்ந்து நடைபெறு கின்றன. விண்மீன்கள் விண்மீன் திரள்களில் எப்படி சுற்றிக் கொண் டுள்ளன என்பதையும், விண்மீன்திரள்கள் இதர விண்மீன் திரள் களை எப்படி வட்டமிடுகின்றன என்பதையும் அறிய, கரும்பருப்பொருள் பற்றி அறிய வேண்டும். ஈர்ப்பு விசையுடன் கரும்பருப்பொருள் இணைந்திருக்கும் என்று கருதுகின்றனர். மேலும், இதுவரை நமக்குத் தெரிந்த அணுத்துகள்போல் கரும்பருப்பொருள் இருக்க முடியாது என்றும் கூறுகின்றனர். விண்ணகத்தின் அடிப்படைப் பொருளும், ஈர்ப்பு விசையும் ஒரு புதிராகவே இருக்கின்றன.

30

பிரமனின் ஒரு நாள்

பண்டைய இந்திய வரலாற்றில் புகழ்பெற்று விளங்கும் வானிலை வல்லுநர்கள் வானம் கதிரவனின் ஒளிபெறும் வரை பரவியுள்ளது என்றும், அடிவானத்திற்கு அப்பால் வானம் அளப்பரியது என்றும் கருதினார்கள். விண்ணகத் தோற்றங்களைப் பற்றிய பண்டைய நூல்களில் பிரமாண்டம் என்ற கருத்து, அசாதாரணமாகப் பெரிது என்ற எண்ணம், குறிப்பிடப்பட்டு, பலராலும் ஏற்றுக் கொள்ளப் பட்டது. கதிரவனால் 'கட்டுண்ட' கோளவடிவமான வானவெளி யின் எல்லை மிகமிகப் பெரிதென நம்பப்பட்டது.

கி.பி. ஐந்தாம் நூற்றாண்டின் தலைசிறந்த வானிலை வல்லுநர், ஆர்யபட்டா, ஒரு இயற்கைக்கோள் செல்லும் தொலைவு, ஒரு 'யுகத்தில்' கதிரவனின் ஒளி எட்டும் ஒரு பெரிய வட்டத்தின் சுற்றளவுக்குச் சமம் என்றார்; மேலும், ஒரு யுகம் என்பது 4,320,000 ஆண்டுகளுக்குச் சமம் என்றும், 1,003 யுகங்கள் இந்துக்களின் நம்பிக்கைப்படியும், அவர்களது பழங்கதைகளில் கூறியபடியும், உயிரினங்களைப் படைக்கும் பிரமனின் ஒரு நாள் என்றும் விவரித்தார். அவரது கணக்குப்படி, பிரமனின் ஒருநாள் 4,320 மில்லியன் ஆண்டுகள் கொண்டது. இது குறிப்பிடத்தக்க, வியக்கத் தக்க, ஒரு மதிப்பீடு. அத்தனை ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, எளிமை யான உயிரினங்கள் தோன்ற உரிய சூழ்நிலை புவியில் இருந்தது. இன்றைய மதிப்பீட்டின்படி, புவியின் வயதும் அநேகமாக பிரமனின் நாள் ஒன்றிற்குச் சமம் என்று கண்டுள்ளனர்!

நாம் இன்று காணும் விண்வெளி அற்புதங்கள் ஒரு அடிப் படை வினாவை எழுப்பியுள்ளது. இதெல்லாம் எப்படித் துவங் கியது? துவக்கம் உண்டு என்று எற்றுக் கொண்டால் இந்த வினாவும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும். ஏனெனில் வேறு சிலர் விண்ணகம் துவங்கவும் இல்லை; அழியப்போவதும் இல்லை என்று

நம்புகிறார்கள். மெய்யறிவியலில் விண்ணகத்தோற்றம் பற்றிய கருத்துகள் பலப்பல உள்ளன. ஆனால், அறிவியல்படி, இரு சிறப்பான கருத்துகள் நிலவுகின்றன.

ஒரு கருத்துப்படி, விண்ணகம் 15 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் முன், வெற்றிடத்திலிருந்து பெரிய வெடிப்பு தோன்றி உருவாயிற்று என்பதாகும். எல்லாப் பொருட்களும், ஆற்றல்களும், ஏன் விண்ணும், காலமும் உட்பட அனைத்தும் அத்தருணத்தில் தோன்றியவையே. அதற்குப் பின் விண்ணகம் விரிந்துகொண்டும், வெப்பம் தணிந்துகொண்டும் வந்துள்ளது.

பெரிய வெடிப்பின் கதிர்வீச்சினால் நாம் பார்த்திருக்கக்கூடிய மின்காந்த அலைகள், இப்பொழுது வானொலி அலைகளென மாறி உள்ளன என்று கூறப்படுகிறது. பெரிய வெடிப்பு என்ற கருத்திற்கு மிக நல்ல சான்று, இப்பொழுது வானில் எங்கும் பரவியுள்ள நுண்ணிய மின் (மைக்ரோ) அலைகளே. வெடித்தபின் தென்படும் எஞ்சிய ஒளி மைக்ரோ அலைகளாக உள்ளன என்று விளக்குகிறார்கள்.

1965இல் இத்தகைய அலைகளை 2.726 கெல்வின் (K) (அல்லது —273°செ) என்ற வெப்பநிலையில் கண்டுபிடித்தனர். இதை 3 கெல்வின் வெப்பநிலை என்றும் அழைக்கின்றனர். இத்துறையில் இது ஒரு சிறப்பான சாதனை என்று கருதுகின்றனர். இந்த உண்மை தற்செயலாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இரு அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள், அர்னோ பென்ஜியஸ் (Arno Penzias), ராபர்ட் வில்சன் (Robert Wilson), அவர்களது செயற்கைக் கோளின் தகவல் தொடர்பு பரிசோதனைகளைச் செய்து வரும்பொழுது, பின்னணி மைக்ரோ அலைகள் எல்லா திசைகளிலிருந்தும் வருவதைக் கவனித்தனர். ஆனால் அவர்களால் உடனடியாக அதற்கு விளக்கம் தர இயலவில்லை. அந்த வெப்பநிலை பெரிய வெடிப்பிற்குப்பின் எஞ்சி நிற்கும் வெப்பம் என்று கருதப்பட்டது. மேலும், ஒரு கருப்புப் பொருளை குளிர வைத்தால் தோன்றும் கதிர்வீச்சு இன்று இருக்கும் பின்னணிக் கதிர்வீச்சின் அளவிற்குச் (3 கெல்வின்) சமமாக இருக்கும் என்று மதிப்பிட்டனர். இத்தகைய கதிர்வீச்சு, உலகெங்கும் பரவியுள்ளது என்பதை அமெரிக்க ஆராய்ச்சிக்கோள் ஒன்று கண்டுபிடித்தது. எல்லா திசைகளிலும் இக்கதிர்வீச்சு ஒரே அளவில் உள்ளது என்று தெரிய வந்தது. அமெரிக்க விஞ்ஞானி ஜார்ஜ் காமோ (George Gamow) பெரிய வெடிப்பின் எஞ்சிய கதிர்வீச்சு தொடர்ந்து உள்ளது என்று கூறினார். தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில், படம் ஒன்றும் வராதபொழுது மின் ஆற்றலை

அணைக்காமல் வைத்திருந்தால், திரையில் பனிவிழுவதுபோலத் தோன்றுவதற்கு பெரிய வெடிப்பே காரணம் என்றும் கூறு கின்றனர். பின்னணிக் கதிர்வீச்சைத் (நுண் அலைகள்) துல்லியமாக அறிய அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனம் நுண்அலைக்கோள் ஒன்றை 2001 ஜூனில் செலுத்தியுள்ளது. இது புவிக்கும் கதிரவனுக்கு மிடையே 'லெக்ரான்ஜ்' புள்ளியிலிருந்து விண்ணகத்தை ஆராயும். இப்புள்ளி, புவிக்கும் நிலாவிற்குமிடையே உள்ள தொலைவைவிட நான்கு மடங்கு அதிகமான தொலைவில் உள்ளது. புவியின் காந்த வயல்களுக்கப்பால் இக்கோள் இயங்கும்.

பெரிய வெடிப்பு தோன்றியதற்கு இரு சான்றுகள் தரப்படு கின்றன. ஒன்று, அதிகத் தொலைவில் உள்ள விண்மீன்திரள்கள், புவிக்கு அருகே உள்ள விண்மீன் திரள்களைக் காட்டிலும் அதிக சிவப்பாகத் தோன்றுகின்றன; ஏனெனில், அவற்றின் ஒளி அலை விரிந்து காணப்பட்டது. இதைக் கண்ட எட்வின் ஹப்பிள் விண்மீன் திரள்கள் தள்ளிச் சென்றுகொண்டே உள்ளன என்றும், விண்ணகம் விரிவடைந்து வருகிறது என்றும் கூறினார். விரிவாகி வரும் விண்ணகம் 12 அல்லது 18 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன் ஒருசிறிய பருப் பொருள் பொடியாகத் துவங்கியிருக்க வேண்டும் என்றார்.

விண்மீன் திரள்கள் நம்மைவிட்டு மிக அதிக வேகத்தில் துள்ளி ஓடிக்கொண்டே இருக்கின்றன. வெகு தொலைவில் விண்மீன் திரள்களின் எண்ணிக்கை குறைந்துகொண்டே வருகின்றது. விண்ணொலித் தொலைநோக்கிகள் காட்டியபடி, விண்ணில் தோன்றும் ஒலி உற்பத்தி ஆகும் இடங்கள் அதிக தொலைவில் இருந்தால், அந்த இடங்கள் மிகவும் அடர்த்தியாக இருக்கும் என்று கருதுகிறார்கள். குவேசார்களும், விண்மீன் மண்டலங்களும் அடர்த்தியாகப் பின்னப்பட்டிருப்பதால், விண்ணகம் துவக்கத்தில் ஒரு தனிப்புள்ளியாக அடைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று கொள்வது பகுத்தறிவிற்குப் பொருந்தும் என்று கூறுகின்றனர். ஆனால், இதற்கு மாறாக, குவேசார்கள் தமது வேகத்தை அதிகரித்து, பரவலாகச் சென்றால், விண்ணகம் நிலையாக இயங்கி வந்துள்ளது என்று கொள்ளலாம்.

பெரிய வெடிப்பிற்கு மற்றொரு சான்று, விண்ணகத்தின் வேதிப் பொருள்களின் அளவுப் பொருத்தங்கள். துவக்கத்தில் இருந்த மின்னணு (எலெக்டிரான்), முன்னணு (புரோட்டான்), அல்லணு (நியூட்ரான்) ஆகிய மூலப்பொருட்கள் மாறியுள்ள விதம் எதிர்பார்த்தபடி இருப்பதாகக் கண்டுள்ளனர்.

இதற்கு மாறான கருத்து கொண்டவர் விண்ணகம் என்றும் நிலையானது என்று கூறகின்றனர். தண்ணீர் வந்து கொண்டிருக்கும் குழாயிற்குக் கீழே ஒரு வாளியில் எப்படி தண்ணீர் நிரம்பிக் கொண்டும், வழிந்துகொண்டும் இருந்தாலும், வாளியில் தண்ணீரின் அளவு மாறாது இருப்பதைப்போல, விண்ணகமும் ஆக்கப்பட்டும், அழிக்கப்பட்டும் வந்தாலும், ஒரே அளவில் உள்ளது என்று கருதுகின்றனர்.

அமெரிக்க அகச்சிவப்புக்கோள் கணித்தபடி விண்மீன் திரள் கும்பல்கள் பரவலாகவும், அதிக அடர்த்தி ஆகவும் இருப்பதால், சிலர் பெரிய வெடிப்பு உண்மையாக இருக்குமா என்று கேட்கின்றனர். இவர்களில் ஆக்ஸ்ஃபோர்டு பல்கலைக்கழகத்தைச் சார்ந்த டாக்டர் வில் ஸான்டர்ஸ் (Dr Will Saunders) என்பவரும் ஒருவர்.

இந்தியாவின் டாக்டர் ஜயந்த் நார்லீகர், இங்கிலாந்தின் பேராசிரியர்கள் ஃபிரட் ஹாயல் (Fred Hoyle) ஜியோஃபிரி பர்பிட்ஜ் (Geoffrey Burbidge), ஆகியோர் விண்ணகம் நிலையானது என்றும், விரிவாக ஓடுவதில்லை என்றும் கூறுகின்றனர். விண்ணகம் ஒரு பெரிய வெடிப்பில் தோன்றவில்லை என்றும், அவ்வப்பொழுது தோன்றிய சிறு வெடிப்புகளால் தோன்றியது என்றும் கூறுகின்றனர். ஹப்பிள் தொலைநோக்கி, விண்மீன் திரளின் நடுவிலே ஒரு மாபெரும் கருங்குழியைக் கண்டு பிடித்திருப்பதை சுட்டிக்காட்டி, அது தொடர்ந்து உண்டாக்கப் படும் விண்ணகத்தைக் குறிக்கின்றது என்று கூறினர்.

பெருவெடிப்பிற்கு 0.0001 வினாடிக்குப்பின் விண்ணகம் உருவானதை, இயற்பியல் விதிகளைக் கொண்டே விஞ்ஞானிகள் விவரித்துள்ளனர். அந்த நொடியிலிருந்து உருவான விண்ணகம் எந்த மாதிரி இருக்கவேண்டுமென தீர்மானித்த விஞ்ஞானிகள், இப்பொழுது 'சூப்பர்' (மிகஅதிக) வெப்பமும், அடர்த்தியும் எப்படி தோன்றின என்ற அடிப்படை வினாவைக் கேட்க ஆரம்பித் துள்ளனர். சிலர் விண்ணகம் பல நீர்குமிழிகளில் ஒன்றே என விட்டுக்கொடுக்கலாம். நிலையான விண்ணகக் கருத்து அந்த வினா விற்கு எளிய விடையைத் தருகின்றது. அதாவது விண்ணகத்திற்கு துவக்கமும் இல்லை; முடிவும் இல்லை.

வானியலார்கள் அண்மையில் கண்ட விவரங்களின்படி, தொலைவில் உள்ள வெடிக்கும் விண்மீன்கள், யாவரும் வியக்கு மாறு மங்கலாக உள்ளன. இதன்படி, அவை நம்மைவிட்டு ஓடிக் கொண்டுள்ளன என்று கூறுகின்றனர். இந்த விரிவும் ஓட்டமும்

தானாகவே நிற்காது. ஈர்ப்புவிசையை எதிர்க்க, ஏதோ ஒரு வடிவில் வேறுவிசை இருக்க வேண்டும். அத்தகைய விசையோ, ஆற்றலோ ஐன்ஸ்டீன் கூறிய (பின்னர் அதை தனது மிகப்பெரிய பிழை என்று கைவிடப்பட்ட) 'விண்ணக மாறிலி' போன்றது. இந்த விசை ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராக இயங்குமெனவும், விண்ணகம் அதனால் விரிவாகவும் இல்லை, சுருங்கவும் இல்லை என்றார். இந்த 'மாறிலி' விண்ணகம் தன் மீதே நொறுங்கி விழுவதைத் தவிர்க்கலாம் என்றும் கருதினார். இருப்பினும், ஐன்ஸ்டீன் எட்வின் ஹப்பிளின் விண்ணக விரிவுக் கருத்தைப் பின்பற்றி, தனது விண்ணக மாறிலி கருத்தை கைவிட்டார். ஆனால், இன்று அத்தகைய மாறிலி மீண்டும் செய்திகளில் இடம் பெருகின்றது. அத்தகைய ஆற்றல், விண்ணகத்தின் வேகத்திற்குக் காரணமாய், ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராக இருக்கத் தேவைப்படும். விண்வெளியில உள்ள கருங்குழிகள், அத்தகைய விசையோ, ஆற்றலோ விண்ணகத்தில் உள்ளதைக் காட்டலாம்.

கலைச்சொல்கராதி

Absorption: கதிர்வீச்சு ஆற்றல் கவரப்படுதல்; இதர ஆற்றல்களாக மாற்றப்படுவதையும் குறிக்கும்.

Acceleration: திசைவேகத்தின் (முடுக்கத்தின்) மாற்ற அளவு.

Angstorm: மின்காந்த அலைத்தொடரில் நீளத்தைக் குறிக்கும் ஒரு பகுதி; பத்து பில்லியன் 'ஆங்ஸ்டிராம்'கள் ஒரு மீட்டராகும்.

Angular velocity: கோண உந்துவிசை

Antenna: வானொலி அலைகளை வரவேற்கவோ, செலுத்தவோ உதவும் கருவி; 'அலைவாங்கி', 'அலைபரப்பி' எனவும் அழைக்கலாம்.

Apogee: (சுற்றுப்பாதையில்) சேய்மைப்புள்ளி; அங்கு ஒரு (செயற்கை) கோள் புவியிலிருந்து மிக அதிகத் தொலைவில் இருக்கும். (எதிர்ச்சொல்: Perigee - அண்மைப்புள்ளி; அங்கு கோள் புவிக்கு மிக அருகில் இருக்கும்).

Asteroid: செவ்வாய் கோளுக்கும், வியாழனுக்கும் இடையே கதிரவனைச் சுற்றும் பல விண்பாறைகளில் ஒன்று.

Astronaut: விண்வெளி வீரர்; விண்கலனைச் செலுத்துபவர்; ரஷ்யாவில், 'காஸ்மோநாட்' என்றும் அழைக்கின்றனர். கிரேக்க மொழியில் காஸ்மோஸ் என்றால் விண்ணகம் என்று பொருள்.

Astronomical unit: புவிக்கும் கதிரவனுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு; சுமார் 150 மில்லியன் கி.மீ.

Atmosphere: (புவியின்) காற்றுவெளி; இதில் அடுக்கடுக்காக வளிகள் வெவ்வேறு அடர்த்திகளில் உள்ளன.

Atmospheric Windows: காற்றுவெளியில் மின்காந்த அலைவரிசைகள் புகுந்து செல்லும் 'சாளரங்கள்'.

Atomic hydrogen: நீர்வளி அணு (H); ஒரு நீர்மவளி மூலக்கூறில் (H_2O) இரண்டு நீர்வளி அணுக்கள் சேர்ந்துள்ளன.

Attitude: ஒரு கோளின் இசைவுநிலை; சுற்றுப்பாதையின் சமதளத்தை, அல்லது புவியின் தரைமட்டத்தை அல்லது குறிப்பிட்ட இணை களைப் பொறுத்து அமையும்.

Asymmetry: சமச்சீரற்ற வடிவம். புவியின் இவ்வடிவால்தான் பல செயற்கைக்கோள்கள் நமக்குப் பயன்படும் வகையில் செல்கின்றன.

Beamwidth: ஒளிக்கற்றையின் அகலம் (கோணங்களில் அளவிடப் படும்). தொடர்பு கொள்ளும் அலைவாங்கியைப் பொறுத்து அமையும்.

Bipropellant: இரு வேதிப் பொருட்கள் (எரிக்கப்படும் பொருள், உயிர்வளி அளிக்கும் எரிபொருள்) தனித்தனியே வைக்கப்பட்டு, எரிவதற்காக ஏவுகணை என்ஜினில் சேர்க்கப்படும்.

Ballistic trajectory: புவியின் ஈர்ப்பு விசையாலும், காற்றின் தடையாலும் மட்டுமே கட்டுப்பட்டு, ஒரு ஏவுகணை அல்லது ஒரு கோள் கீழே இறங்கும் வளைவழி.

Bit: தகவல் அலைகளில் ஒரு பகுதி. கணிப்பொறியில் 1 அல்லது 0 என்ற நிலைக்கேற்ப மின்னணுக்கருவிகளால் செலுத்தப்படுகிறது.

Big Bang: பெருவெடிப்பு. விண்ணகம் சுமார் 10 அல்லது 15 ஆயிரம் பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் ஒரு வெடிப்புக்குப் பிறகு தோன்றியது என்ற கருத்து.

Black Hole: கருங்குழி. விண்ணகத்தில் பருப்பொருள் மிகமிக அடர்த்தியாக உள்ள இடம்; இதிலிருந்து ஒளியும்கூட தப்பிவிட இயலாது. பல கருங்குழிகள் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.

C-band: சி-பட்டை அலைவரிசைகளில் 3.9–6.2 கிகாஹெர்ட்ஸ் (GHz) என்ற அளவில் உள்ள அலைகள். அவற்றின் நீளம் 4.84–7.69 செ.மீ.

Centrifuge: ஒரு ஏவுகணையோ, போர் விமானமோ தனது வேகத்தை அதிகரிக்கும்போது ஏற்படும் உணர்வை நிலமையத்தில் பெற பயன்படுத்தப்படும் ஒரு அமைப்பு; பல்வேறு வேகங்களில் சுழலும்.

Charge-Coupled Device: மின்னேற்ற ஒளி உணர்வி. படமாகும் காட்சியின் ஒளியை, அதன் வலுவுக்கேற்ப மின்னணுக்களாக மாற்றி, அவற்றைச்சார்ந்த மின்னேற்றத்திற்கு ஏற்றபடி படத்தைப் பதிவு செய்யும் உணர்வி. இதனால் ஒரு காட்சியின் ஒளி முழுவதையும் அனேகமாகப் பதிவு செய்ய இயலும். சாதாரண காமிரா படங்களில்

படும் ஒளியில் இருவிழுக்காட்டிற்கு மேல் பதிவு ஆவதில்லை. மின்னேற்ற ஒளிஉணர்வி காட்சியின் ஒளிவீச்சு மட்டுமின்றி, அதன் அகச்சிவப்பு, ரேடார் அலைகளையும் பதிவு செய்யும்.

Charged particles: *மின்னூட்டத் துகள்கள். கதிரவனிடமிருந்து எப்போதும் வந்துகொண்டே இருக்கும். புவியின் காந்த வளையங்கள் அவற்றைத் தடுத்து விலக்கி விடும்.*

Chlorophyll: *பச்சையம்; தாவரப்பசும்பொருள். தொலையுணர்வுக் கோள் அகச்சிவப்பில் தாவரத்தின் செழிப்பை அறியப் பயன்படும்.*

Colour Infrared film: *வண்ண அகச்சிவப்பு படச்சுருள். பச்சை, சிவப்பு, அண்மை அகச்சிவப்பு ஆகிய அலைவரிசைகளை ஏற்கும். இதற்கு மாறாக, சாதாரண வண்ணப்படச்சுருள் பச்சை, சிவப்பு, நீலம் ஆகிய நிறங்களை ஏற்கிறது. செழிப்பான தாவரம் வண்ண அகச்சிவப்பில் ஒளிமிகுந்த சிவப்பாகவோ அல்லது வெளிர்சிவப்பாகவோ தென்படும்.*

Clarke Orbit: *புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதையின் மறுபெயர். உலகில் எல்லாரும் அறியும்படி அதை விவரித்த ஆர்தர் கிளார்க் என்ற அறிவியல் எழுத்தாளரின் பெயர் இடப்பட்டுள்ளது.*

Communication frequencies: *தகவல் தொடர்பு அலைவரிசைகள்:* L-*பட்டை:* 1–2 *கிகாஹெர்ட்ஸ்* (GHz); S-*பட்டை:* 2–4 GHz; C-*பட்டை:* 4–8 GHz; X-*பட்டை:* 8–12 GHz; Ku-*பட்டை:* 12–18 GHz; K-*பட்டை:* 18–27 GHz; Ka-*பட்டை:* 27–40 GHz;

Convection: *வெப்ப சுழற்சி; விண்கலன்களில் இதை ஆராய்கின்றனர்.*

Cosmic rays: *விண்ணிலிருந்து புவியைத் தாக்கும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட துணை அணுத்துகள்கள். காற்றுவெளியில் மோதியதும் அவை ஆற்றல் குறைந்த கதிர்வீச்சுகளாக மாறுகின்றன.*

Count-down: *ஏவுகணையைச் செலுத்துமுன் அதை சரிபார்க்கும் முறையை, படிப்படியாக குறைந்துவரும் எண்களைக்கூறி அறிவித்தல். 'பூஜ்யம்' என்றதும் ஏவுகணை மேலே கிளம்பிவிடும்.*

Cryogenic Propellant: *தண்மைநிலையில் உள்ள எரிபொருள். (மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைக்குக் கொண்டுவரப்படும் வளி, நீர்மநிலைக்கு வரும். உதாரணமாக, ஜி.எஸ்.எல்.வி மூன்றாம் படிவத்தில் இருந்த நீர்வளியின் வெப்பநிலை:* –253° *செ; உயிர்வளியின் வெப்பநிலை:* –195° *செ.). இத்தகைய எரிபொருள் அல்லது எரிக்கப்படும் பொருள் அதிக உந்துவிசையை அளிக்கும்.*

Data: எண்ணிலக்கப்படி செலுத்தப்படும் தகவல் அல்லது விவரம்.

Debris: பயனற்ற பொருள்; கூளம்; விண்வெளியில் அதிகரித்து வருகிறது.

Digitise: எண்ணிலக்கப்படி மின்அலைகளைச் செலுத்தி விவரங்களைப் பயன்படுத்தும் முறை.

Doppler effect: 'டாப்லர் விளைவு'. ஒளி அல்லது ஒலி நம்மை விட்டுச் செல்லும்போது அதன் அதிர்வெண் (அதற்கேற்ப அதன் அலை நீளமும்), நீண்ட அலைவரிசையை (சிவப்பை) நோக்கி நகர்தல். இதேபோல, நம்மை நோக்கி வரும்போது, குறுகிய (நீல) அலை வரிசையை நோக்கி நகர்தல்.

Earth sensor: புவியை நோக்கி இயங்குமாறு வழிகாட்டும் இசைவு நிலைகாட்டி.

Earthshine: கதிரவனிடமிருந்து பெற்ற கதிர்வீச்சு வெப்பத்தை மீண்டும் புவி வெளியிடுவது.

Earth Station: நில மையம். கோளுடன் தொடர்புகொள்ள அலை வாங்கியையும் அலைபரப்பிகளையும் கொண்டது.

Ecliptic: வானியலில் கதிரவன் ஆண்டுதோறும் செல்லும் பாதை. விண்மீன்களைக் கண்டு இப்பாதையை நிர்ணயிக்கலாம்.

Elliptical: நீள்வட்டமான பாதை.

Energy: ஆற்றல்

Equinox: பகலிரவு சமநாள்.

Escape velocity: ஈர்ப்புவிசையிலிருந்து விடுபட்டுச் செல்லத் தேவையான திசைவேகம்.

Exhaust velocity: வெளியேற்று விசை.

Facsimile: தொலைநகலி. ஒரு படத்தையோ, பக்கத்தையோ அதே போன்ற பிரதியை தொலைவில் உள்ள இடத்தில் பதிவுசெய்வது.

Fibre-reinforced plastics: பிளாஸ்டிக் பருப்பொருள். கண்ணாடி போன்ற பொருள்களின் இழைகளுடன் இணைக்கப்பட்டது.

Footprint: கோளின் ஒளி/ஒலிபரப்பை ஏற்றுக்கொள்ளும் நிலப்பரப்பு.

Frequency reuse: கோளிலிருந்து செலுத்தப்படும் ஒளி/ஒலிகளை அனுப்பும் அதிர்வெண்களை வெவ்வேறு இடங்களில் ஒரே சமயத்தில் பயன்படுத்துதல்.

g: கடல்மட்டத்தில் புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் ஏற்படும் முடுக்கத்தைக் குறிக்கும் அளவு. விண்வெளிப்பயணிகள் உணரும் அழுத்தத்தைக் குறிக்கும்.

Geoid: ஈர்ப்பு விசையின் அடிப்படையில் வரையப்படும் புவியின் வடிவம்.

Galaxy: விண்மீன் திரள். கதிரவனும் புவியும் உள்ள விண்மீன் திரளைப் போல ஆயிரக்கணக்கான திரள்கள் உள்ளன.

Geosynchronous Orbit: புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை. நிலநடுக் கோட்டிற்கு 35,786 கி.மீ. தொலைவில் உள்ளது; இதில் புவியைப் போலவே 24 மணிநேரத்திற்கு ஒருமுறை புவியைக் கோள் சுற்றும். இந்த வட்டமான சுற்றுப்பாதையின் சமதளம் புவியின் நிலநடுக் கோட்டுடன் சமமாக (0° சாய்வில்) இருக்கும். இதைப் புவியுடன் நிலைத்து இயங்கும் சுற்றுப்பாதை என்றும் கூறுகின்றனர்.

Geostationary Transfer Orbit: புவியுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதைக்குச் செல்லும் முன், கோள் அடையும் மாற்றுச் சுற்றுப்பாதை.

Giga Hertz (GHz): ஆயிரம் மில்லியன் ஹெர்ட்ஸ்.

Gravity: ஈர்ப்புவிசை.

Geographical Information Service: தொலை உணர்வுக் கோள்கள் அளிக்கும் பலவிதமான விவரங்களையும் வரைபடங்களையும் சேர்த்து, பல வினாக்களுக்கு விடைதேடும் நோக்கத்தில் கணிப் பொறிகளில் ஆராய்ந்து அறிதல். கோள்கள் தரும் பதிவுப்படங்கள் இயற்கை வளங்களைக் கண்காணிக்க உதவும்.

Gyroscope: ஏவுகணைகளிலும் கோள்களிலும் வைக்கப்பட்டுள்ள சுழலும் அச்சு. அதன் சட்டம் எப்படி அசைந்தாலும் அதன் அச்சு, சுழலும் பம்பரத்தைப் போல, ஒரே திசையைக் காண்பிக்கும்.

Hertz: மின்காந்த அலையின் சுற்று. வினாடிக்கு இவ்வளவு என்று கணக்கிடப்படுகிறது. இந்த அலைகளுக்கு அவற்றை முதன்முதலாகச் செலுத்திய என்ரிச் ஹெர்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானியின் பெயர் இடப்பட்டுள்ளது.

High Frequency: 3–30 மெகா ஹெர்ட்ஸ் அலைகள். வானொலியில் சிற்றலை வரிசையில் பயன்படுகின்றன.

Hypergolic propellants: சேர்க்கப்பட்டவுடன் தாமாகவே எரியத் துவங்கும் எரிபொருள்கள்.

Imagery: பதிவுப்படம். தொலையுணர்வுக் கோள்கள் மூலம் வரும் மின்அலைகளில் உள்ள தகவல்களைக் கொண்டு கணிப்பொறியில் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

Inclination: சாய்வு. கோளின் சுற்றுப்பாதை புவியுடன் இயங்கும்போது ஏற்படும் சாய்வுக்கோணம். இது 0° ஆகவும் இருக்கலாம்.

Inertial guidance: விமான/விண்வெளிக் கலன்களுக்கு வழிகாட்டும் கருவிகள். இவை நிலமையத்துடன் தொடர்பு கொள்ளத் தேவை இல்லை. ஏவுகணை, அல்லது கோளின் போக்கால் இக்கருவிகள் அசையாதபடி பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

Inflationary Universe: மிகச்சிறிய துகளிலிருந்து நாம் காணும் விண்ணுலகம் முழுவதும் தோன்றியது என்ற கருத்து.

Infrared rays: அகச்சிவப்பு அலைகள். அவற்றின் நீளம் 0.7 மைக்ரோ மீட்டரிலிருந்து 100 மை.மீ. வரை உள்ளது. அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் பகுதிகள்: அண்மை அகச்சிவப்பு: 0.7–1.3 மை.மீ.); நடு அகச்சிவப்பு (1.3–3.0 மை.மீ.); தொலைவு அகச்சிவப்பு (7.0–15 மை.மீ.). தொலைவு அகச்சிவப்பை வெப்ப அகச்சிவப்பு என்றும் கதிர்வீச்சைத் தானாகவே வெளியேற்றும் அலைகள் என்றும் கூறுகின்றனர்.

Instantaneous Field of View: (தொலை உணர்வுக் கோள்களிலிருந்து) புவியை அலகிடும்போது, ஒரு தருணத்தில் தென்படும் காட்சி.

Ionosphere: காற்றுவெளியின் உயர்ந்த பகுதியில் உள்ள அயனி மண்டலம்; வானொலி சிற்றலைகளைப் பிரதிபலிக்கிறது. அங்குள்ள சில வளிகளில் அயனிகள் கலந்து விடுவதால் இந்தப் பகுதி தோன்றுகிறது.

Kelvin: வெப்ப நிலையின் ஒரு அளவு; இதன் துவக்கம் தனிச்சுழி (0 K அல்லது –273.15° செ) என்று அழைக்கப்படுகிறது. கெல்வின் என்ற விஞ்ஞானியின் பெயர் இடப்பட்டுள்ளது.

Low Earth Orbit: புவிக்கருகே (சுமார் 780 கி.மீ.) தாழ்ந்த சுற்றுப்பாதை. தொலைபேசிகளுடன் தொடர்பு கொள்ளும் கோள்கள் செல்ல உதவும்.

Latitude: புவியின் வரைபடத்தில் கிழக்கு–மேற்காக வரையப்படும் குறுக்குக்கோடு. வடக்கு-தெற்காக வரையப்படும் கோடுகளை நெடுக்குக்கோடு (Longtitude) என்று அழைக்கின்றனர்.

Light year: ஒளி ஆண்டு. ஒரு ஆண்டில் ஒளி செல்லும் தொலைவு.

ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு சுமார் மூன்று மில்லியன் கி.மீ. என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

Lyman-alpha radiation: நீர்வளி 1,216 ஆங்ஸ்டிராம் அளவில் வெளியேற்றும் கதிர்வீச்சு.

Mach Number: ஒலியின் திசை வேகத்திற்கும், ஓடும் ஒரு வண்டியின் திசை வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதம் (சுற்றியுள்ள காற்றின் அழுத்தத் தையும் வெப்பத்தையும் பொறுத்தது).

Matter: பருப்பொருள்

Mean Sea Level: சராசரி கடல் மட்ட நிலை.

Mega Hertz: ஒரு மில்லியன் ஹெர்ட்ஸ்

Micrometre: ஒரு மீட்டரில் மில்லியனில் ஒரு பகுதி. மைக்ரான் என்று அழைப்பது 1967இல் பன்னாட்டு உடன்படிக்கையின்படி கைவிடப்பட்டது.

Microwave: சுமார் 100 மெகா ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண்ணுக்கும் மேலாக உள்ள வானொலி அலைகள். ஒளியைப்போல நேராகச் செல்கின்றன; தகவல் தொடர்புகளுக்குப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

Microwave background: நம்மை எல்லா திசைகளிலும் சூழ்ந்துள்ள நுண் மின்அலைகளின் கதிர்வீச்சு. விண்ணகத்தை தோற்றுவித்த பெரு வெடிப்பின் எஞ்சியுள்ள வெப்பம் என்று கூறுகின்றனர். இதை கடந்த நூற்றாண்டின் மிகச்சிறந்த கண்டுபிடிப்பு என்று பேராசிரியர் ஸ்டீபன் ஹாகிங்ஸ் கூறியுள்ளார்.

Microgravity: நுண்ணிய ஈர்ப்புவிசை. விண்வெளியில் செல்லும் பயணிகளின்மீதும் பொருட்களின்மீதும் (புவியின்) முழு ஈர்ப்புவிசை அழுத்துவதில்லை. இதை எடையின்மை என்றும் அழைப்பர்.

Module: ஒரு கோளில் (கோள் உள்பட) பொருத்தப்படும் பகுதி. தானே இயங்கவல்லது.

Momentum Wheel: உந்துவிசை சக்கரம். மூன்று அச்சு நிலைப்புள்ள சில கோள்களில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. சுழல்நோக்கியால் வரும் நிலைப்பையும் இசைவுக்கட்டுப்பாட்டையும் அளிக்க வல்லது.

Monopropellant: தனியாக இயங்கவல்ல வேதி எரிபொருள்.

Multispectral: காட்சிகளை பன்னிறமாலையின் பல பகுதிகளில் பதிவு செய்து, பிறகு அவற்றை சேர்த்துப் பதிவுப்படங்களை ஆராய்வது.

Multispectral scanner: பன்னிறமாலையில் அலகிடும் கருவி.

பொருட்களின் கதிர்வீச்சை பல அலைநீளங்களில் கண்டு, ஈர்த்து, மின்அலைகளாக மாற்றும் கருவி.

Nanometre: ஒரு மீட்டரின் ஆயிரம் மில்லியன் பகுதிகளில் ஒன்று.

Nanosecond: ஒரு விநாடியின் பில்லியன் பகுதிகளில் ஒன்று.

Neutron Star: அல்லணு விண்மீன். 'இறந்த' விண்மீன் அங்கு பருப்பொருள் அல்லணுவாக அடைக்கப்பட்டு பேரளவிற்கு அடர்த்தியாக இருக்கும்.

Newton (N): ஒரு கிலோ எடையை விநாடிக்கு ஒரு மீட்டர் வீதம் ஒவ்வொரு விநாடியும் அதிகரிக்கும்படி தூக்கவல்ல விசை. (ஏவுகணையின் என்ஜின்களின் ஆற்றலைக் குறிப்பிடும் அளவு).

Optical Fibres: ஒளிஇழை. மிக இலேசான, தூய்மையான கண்ணாடி இழைகள். ஒளி அலைகளை ஏற்றிச்செல்ல பயன்படுத்தப்படும்.

Omnidirectional antenna: பலதிசை மின்அலைவாங்கி. அனேகமாக எல்லா திசைகளிலிருந்து வரும் மின்அலைகளை ஈர்த்துக் கொள்ளும்.

Orbit: (கோளின்) சுற்றுப்பாதை (சுற்றுவழி). ஒரு பொருளோ, துகளோ, ஈர்ப்பு விசையினால் அல்லது வேறுவிதமான விசையால் உந்தப்பட்டு செல்லும் சுற்றுப் பாதை.

Panchromatic Imagery: அனைத்துநிறப் பதிவுப்படம். கண்ணுக்குப் புலனாகும் பலநிற அலைவரிசைகள் அனைத்தையும் சேர்த்து, கறுப்பு-வெள்ளை நிறங்களில் பதிவாகும் காமிராப் படங்கள்.

Payload: விமானம், கோள் போன்றவை கொண்டு செல்லும் பயணிகள்/கருவிகள்.

Perigee: அண்மைத்தொலைவு. ஒரு கோள் புவியைச் சுற்றும் வழியில் புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள புள்ளி.

Pitch axis: புவியின் வடக்கு-தெற்கு திசைக்கு சமமாக உள்ள கோளின் அச்சு (மேலும் கீழும் தோன்றும் அசைவுகளை சமாளிக்க உதவும்).

Propellant: நீர்ம அல்லது திண்ம எரிபொருள். ஏவுகணையில் எரிக்கப்பட்டு அதற்கு உந்துவிசை அளிக்கிறது.

Pulsar: துடிமீன். ஒரு விநாடிக்குப் பலமுறை ஒலிபரப்பும் (துடிக்கும்) விண்மீன். மிகத்துல்லியமாகவும் ஒழுங்காகவும் இயங்கும் இயற்கையின் 'கடிகாரங்கள்'.

Quasar: தொடர்ந்து ஒலிபரப்பும் வின்மீன்கள். அவற்றைச் சார்ந்த விண்ணகம்.

Radio astronomy: விண்ணொலி வானியல். விண்மீன்களும் விண் வெளியில் அவற்றைச் சார்ந்த இடங்களும் அனுப்பும் வானொலியைப் பதிவு செய்து ஆராய்வது.

Radio telescope: விண்வெளியில் தொலைவான இடங்களிலிருந்து வரும் வானொலிகளை தெளிவாகப் பதிவு செய்ய உதவும் கருவி.

Radio Spectrum: சர்வதேச தொலைத்தொடர்பு யூனியன் (ஐக்கிய நாடு களின் பேரவை) குறிப்பிட்டுள்ள வானொலி அலைவரிசைகளின் எல்லைகள்:

VLF 3–30 KHz; HF 30–300 KHz; MF 300–3,000 KHz; VHF 3–30 MHz; UHF 30–300 MHz; SHF 3–30 GHz; EHF 30–300 GHz.

V = அதிகமான; U = மிக அதிகமான; L = தாழ்ந்த; M = மீடியம், நடுத்தரம்; H = உயர்ந்த; F = அதிர்வெண்; K = ஆயிரம்; M = மில்லியன்; G = ஆயிரம் மில்லியன்.

Real Time: நிகழ்ச்சிகள் நிகழும்பொழுதே அவற்றைப் பதிவு செய்யும் காலம்.

Red Shift: தொலைவில் உள்ள விண்மீன் திரள்களிலிருந்து வரும் ஒளி அலையின் நீளம், அலைவரிசையில் சிவப்புப் பகுதியை நோக்கி நகருகிறது. இதைக் கொண்டு, விண்ணகம் விரிவாகிக் கொண்டே வருகிறது என்று கூறுகின்றனர்.

Remote Sensing: புவியில் உள்ள பொருட்களையும், இயற்கை வளங்களையும் தொலைஉணர்வுக் கோள்கள் பதிவுப்படங்கள் மூலம் காட்டுகின்றன.

Solar Panel: கதிரவன் பலகை. கதிரவனின் கதிர்வீச்சை மின்ஆற்றலாக மாற்ற உதவுகிறது.

Sonic Speed: மாக்-1 (Mach-1) என்று அழைக்கப்படும் ஒலியின் வேகம் (மணிக்கு சுமார் 1216 கி.மீ.).

Sounding rocket: காற்றுவெளியை ஆராய செலுத்தப்படும் ஏவுகணை.

Space (Universe): புவியின் காற்றுவெளிக்கப்பால் உள்ள விண்ணகம்.

Specific Impulse: ஒரு ஏவுகணையின் என்ஜின் செயல்படுவதைக் குறிக்கும் அளவு. உந்துவிசைக்கும் எரிபொருள் பயன்படுத்தப்படும் அளவிற்கும் உள்ள விகிதம்; விநாடிகளில் அளவிடப்படுகிறது. இந்த விகிதம் அதிகரித்தால் எரிபொருள் குறைந்த அளவில் செலவாகிறது என்று பொருள்.

Spectral Signature: ஒரு பொருளின் பிரதிபலிப்பு (அல்லது அது

வெளியேற்றும் வெப்பம்) மின்காந்த அலைவரிசையில் அளவிட்டு அறிதல். அனைவரின் கையெழுத்தும் எப்படி ஒன்றுபோல இருப்பதில்லையோ, அதேபோல இந்தப் பிரதிபலிப்பும் பொருளுக்குப் பொருள் மாறுபடும்.

Sunsynchronous orbit: கதிரவனுடன் இணைந்த சுற்றுப்பாதை. இந்த வழியில் செல்லும் கோள் ஒன்று நிலநடுக்கோட்டை (உள்ளூர் நேரப்படி) ஒரே நேரத்தில் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் கடக்கின்றது. துருவங்களுக்கருகே சென்று வரும் இக்கோள் செல்லும் வழியின் சமதளம், புவி-கதிரவன் 'இணைக்கப்படும்' நேரடிக்கோட்டுடன் ஒரே கோணத்தை அடைகிறது.

Reaction Wheel: வினைவிசை சக்கரம். மூன்று அச்சுநிலைப்பில் உள்ள கோளின் இசைவைக் கட்டுப்படுத்த உதவுகிறது.

Rendezvous: இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கோள்கள் விண்வெளியில் குறிப்பிட்ட இடத்தில் சந்திப்பது.

Resolution: பகுப்புத்திறன். தொலைஉணர்வியின் திறமையை படத்தைப் பதிவாக்குவதில் காண்கின்றனர். சாதாரணமாக மூன்று விதமான பகுப்புத் திறன்கள் உள்ளன. ஒன்று, இடம்சார்ந்த பகுப்புத் திறன்: இரண்டு அல்லது அதிகமான பொருள்களிடையே உள்ள குறைந்த தொலைவு, பொதுவாக மீட்டரில் அறிவிக்கப்படுகிறது. இரண்டாவதாக, வெப்பப் பகுப்புத்திறன்: இரு பொருள்களிடையே உள்ள வெப்ப வேறுபாட்டை குறைந்த அளவில் காண்பது. மூன்றாவதாக ஆற்றல் பகுப்புத்திறன். அதாவது, ஒரு பொருளின் மிகக்குறைந்த ஆற்றலைக் கண்டு கொள்வது. உதாரணமாக, ஒரு பதிவுப்படத்தின் இடம்சார்ந்த பகுப்புத்திறன் ஒரு மில்லி மீட்டருக்கு இவ்வளவு வரிகள் என்ற அளவில் தெளிவாகத் தென்படும்.

Roll axis: உருளும் திசை அச்சு. கோள், தான் செல்லும் திசையிலேயே பிறழாது இருக்க உதவும் அச்சு.

S-band: 1550–5200 மெகா ஹெர்ட்ஸ் (அலைநீளம் 5.17–19.35 செ.மீ.) என்ற அலைவரிசையில் வானொலிக்கென ஒதுக்கப்பட்ட பகுதி.

Semi-major axis: ஒரு சுற்றுப்பாதையின் அரைவிட்டம்.

Spot Beam: கோளிலிருந்து குறிப்பிட்ட வட்டப்பகுதிக்கு அனுப்பப் படும் ஒளிக்கற்றை.

Solar Corona: கதிரவனைச் சுற்றி 'மகுடம்' போல உள்ள வெளி வளையம். கதிரவனின் மறைவின்போது தென்படும்.

Solar Wind: கதிரவனி...மிருந்து எப்போதும் வந்து கொண்டே இருக்கும் மின்னோட்டத் துகள்கள். புவியின் காந்த வயலைக் கடந்து செல்கின்றன.

Supernova: விண்மீன் வெடிப்பு.

Swath width: தொலைஉணர்வுக் கோள் 'நோக்கும்' பாதையின் அகலம்.

Telecommand: நிலமையத்திலிருந்து கோளுக்கு (ஏவுகணைக்கு) அனுப்பப்படும் கட்டளைகள்.

Telemetry: ஏவுகணை/கோள் தான் இயங்கும் விதத்தையும், நிலையையும் நிலமையத்திற்கு அறிவித்தல்.

Three-axix-stabilised satellite: மூன்று அச்சுகளிலும் நிலைப்பைப் பெற்று நிலையாக இயங்கும் கோள். இந்த அச்சுகளினால், மேல்-கீழ் திசையிலும், பக்கவாட்டிலும், கோள் செல்லும் திசையிலும் பிறழாமல், அசையாமல் செல்லும் கோள்.

Thrust: அமுக்கம்; ஏவுகணையின் எடையைவிட அமுக்கம் அதிகமாக இருந்தால்தான் ஏவுகணை மேலே எழும்பும்.

Tracking: நிலமையங்களிலிருந்து ஏவுகணை/கோள் செல்லும் வழியை அறிந்து கண்காணிப்பது.

Trajectory: ஏவுகணை/கோள் சுற்றுப்பாதையை அடையுமுன் செல்லும் பாதை (எறிபடையின்) வளைவழி என்றும் கூறுவர்.

Transponder: மறுஅலைபரப்பி. நிலமையத்திலிருந்து வரும் மின் அலைகளை கோள் வரப்பெற்று, அவற்றைத் தெளிவுபடுத்தி, வேறு நிலமையங்களுக்குத் திருப்பும் மின்னணுக் கருவி. மின்அலைகள் பேச்சு, தகவல், தொலைக்காட்சி ஆகியவற்றின் குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்லும்.

Transducer: ஆற்றல் மாற்றி. ஒருவித ஆற்றலால் இயக்கப்பட்டு வேறு விதமான ஆற்றலை வெளியிடும் கருவி (உதாரணமாக ஒலிபெருக்கி).

Uplink: நிலமையத்திலிருந்து கோளுக்கு மின்அலைகள் செல்லும் பாதை. கோளிலிருந்து வரும் பாதையை கீழ்நோக்கிச் செல்லும் இணைப்பு (downlink) என்று அழைப்பர்.

Ultraviolet radiation: புறஊதாக் கதிர்வீச்சு. கதிரவனிடமிருந்து வரும் இக்கதிர்வீச்சை புவியின் ஓஸோன் வளி பெரும்பாலும் தடுத்து விடுகிறது.

X-band: X அலைகளும் தொலைஉணர்வுக் கோள்களால் பயன்

படுத்தப்படுகின்றன. அந்த அலைகளின் அதிர்வெண் 5,200–11,000 மெகா ஹெர்ட்ஸ் அளவில் (2.75–5.77 செ.மீ. அலைநீளத்தில்) இருக்கிறது.

Xenon-ion: செனான் அயனியை ஏவுகணைக்கு எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தி, இப்போது உள்ள வேதி எரிபொருட்களைவிட நீண்ட நாட்கள் விண்வெளியில் உந்துவிசை பெற சில கோள்களில் என்ஜின்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

Yaw axis: ஒரு கோள் புவியின் மையத்தை நோக்கும் பாதையைக் காட்டும் அச்சு.

Wavelength: மின்காந்த அலைகளின் நீளம். ஒரு அலையின் ஒரு முழுச்சுற்றின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு. அலைகளின் நீளம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதிர்வெண் குறைந்துவிடும்.

Lasertypeset at Capital Creations, New Delhi and printed at Jay Kay Offset Printers, Delhi